

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**IRRIGAÇÃO E APLICAÇÃO DE FUNGICIDA NA
OCORRÊNCIA DE DOENÇAS E PRODUTIVIDADE
DO GIRASSOL**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Ivan Carlos Maldaner

Santa Maria, RS, Brasil

2009

**IRRIGAÇÃO E APLICAÇÃO DE FUNGICIDA NA
OCORRÊNCIA DE DOENÇAS E PRODUTIVIDADE DO
GIRASSOL**

por

Ivan Carlos Maldaner

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de concentração Engenharia de Água e Solo, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Agrícola

Orientador: Prof. Arno Bernardo Heldwein

Santa Maria, RS, Brasil

2009

Maldaner, Ivan Carlos, 1984-

M244i

Irrigação e aplicação de fungicida na ocorrência de doenças e produtividade do girassol / por Ivan Carlos Maldaner ; orientador Arno Bernardo Heldwein. - Santa Maria, 2009.

93 f. ; il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, RS, 2009.

1. Engenharia agrícola 2. *Helianthus annuus* L 3. *Alternaria helianthi* 4. *Septoria helianthi* 5. Previsão de doenças I. Heldwein, Arno Bernardo, orient. II. Título

CDU: 582.998.16

Ficha catalográfica elaborada por
Luiz Marchiotti Fernandes – CRB 10/1160
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Rurais/UFSM

© 2009

Todos os direitos autorais reservados a Ivan Carlos Maldaner. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita com autorização por escrito do autor.

Fone (0xx)55 99746505; End. Eletr: ivan_maldaner@yahoo.com.br

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

A comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**IRRIGAÇÃO E APLICAÇÃO DE FUNGICIDA NA OCORRÊNCIA
DE DOENÇAS E PRODUTIVIDADE DO GIRASSOL**

Elaborada por
Ivan Carlos Maldaner

Como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Agrícola

COMISSÃO EXAMINADORA:

Arno Bernardo Heldwein, Dr.
(Presidente/ Orientador)

Elena Blume, PhD. (UFSM)

Joel Cordeiro da Silva, Dr. (IFF-SVS)

Santa Maria, 27 de fevereiro de 2009.

"Há um tempo em que é preciso abandonar as roupas usadas, que já tem a forma do nosso corpo, e esquecer os nossos caminhos, que nos levam sempre aos mesmos lugares. É o tempo da travessia: e, se não ousarmos fazê-la, teremos ficado, para sempre, à margem de nós mesmos."

(Fernando Pessoa)

Dedico

A Deus pela vida.

Aos meus pais Adenor Maldaner e Arlete Maldaner.

E meus irmãos Carla Maldaner e Ricardo Maldaner.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pela oportunidade de aprendizado e crescimento.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos, a qual possibilitou a realização deste estudo.

Ao professor Arno Bernardo Heldwein, pela orientação, paciência, confiança, amizade e principalmente pelos conhecimentos transmitidos.

Aos professores Elena Blume e Nereu Augusto Streck pela co-orientação, amizade e pela colaboração no desenvolvimento do trabalho.

Aos professores do Departamento de Fitotecnia, pela atenção e amizade.

Aos funcionários do Departamento de Fitotecnia, em especial ao João Colpo pela ajuda na condução dos experimentos e pela amizade.

À minha família, em especial à minha mãe Arlete Maldaner, meu pai Adenor Luis Maldaner, minha irmã Carla Daiane Maldaner e meu irmão Ricardo Luis Maldaner, mesmo estando distantes, sempre me apoiaram e incentivaram para a realização deste trabalho.

Aos amigos Luis Henrique Loose, Fabrício Ivan Guse, Aloisio Giovelli, Mateus Bortoluzzi, Cláudia Burin e, em especial, a Dionéia Daiane Pitol Lucas pela ajuda durante a condução dos experimentos e pela amizade.

Aos amigos da Fitotecnia, Edenir Luis Grimm, Leosane Bosco, Gustavo Trentin, Ivonete Tazzo, Carina Pivetta, Isabel Lago, Cleber Maus Alberto, Joel Cordeiro da Silva, Gizelli Moiano de Paula, Hamilton Rosa, Lidiane Walter e Sidinei Radons pela amizade, descontração e esclarecimentos das dúvidas durante o trabalho.

À minha namorada Giliani Sartori pelo apoio durante a realização deste trabalho.

À todas as pessoas que não foram mencionadas, mas de alguma forma auxiliaram na realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

Muito obrigado !

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Santa Maria

IRRIGAÇÃO E APLICAÇÃO DE FUNGICIDA NA OCORRÊNCIA DE DOENÇAS E PRODUTIVIDADE DO GIRASSOL

AUTOR: IVAN CARLOS MALDANER

ORIENTADOR: ARNO BERNARDO HELDWEIN

Data e Local da defesa: Santa Maria, 27 de fevereiro de 2008.

A ocorrência de doenças vem sendo um dos principais problemas da cultura do girassol ao longo dos anos. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da irrigação e da aplicação de fungicidas na ocorrência de doenças e na produtividade de aquênios de dois genótipos de girassol em cultivos de safra e safrinha, na região central do Rio Grande do Sul. Os experimentos foram conduzidos junto ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, nos períodos de safra de 2007 e safrinha de 2008, acompanhando-se o crescimento e o desenvolvimento das plantas no decorrer do ciclo da cultura através de observações fenométricas e fenológicas. Os dados meteorológicos foram coletados no centro da área experimental com uma estação meteorológica automática e com pares psicrométricos instalados em diferentes níveis. Foram utilizados doze tratamentos arranjos no delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os tratamentos constaram de testemunha irrigada e não irrigada e de diferentes esquemas de proteção com fungicida em função dos valores acumulados de severidade (VS) estimados pelo sistema FAST (VS = 16, 22, 28) sem irrigação, bem como, com irrigação e proteção com fungicida com 16 VS. Os valores de severidade teórica (VS) foram calculados através do sistema FAST, considerando a duração do período com umidade relativa maior do que 90% e a temperatura do ar nesse período. No momento em que os respectivos valores de severidade do tratamento foram alcançados foi realizada a aplicação do fungicida e iniciou-se uma nova contagem de VS. O progresso da doença foi analisado com base nas observações semanais da severidade dos sintomas da doença em três plantas por parcela. Verificou-se que a irrigação aumenta a produtividade de aquênios de girassol no cultivo de safra, desde que as condições meteorológicas não sejam favoráveis para a ocorrência de mancha de alternaria e septoriose, ou desde que se aplique fungicidas para o controle dessas doenças antes da floração. Na safrinha o efeito da irrigação na produtividade de aquênios é negativo devido à maior ocorrência de mancha de alternaria e septoriose em girassol. A previsão de ocorrência de doenças em girassol pode ser feita a partir de elementos meteorológicos, mas são necessários ajustes para definir os critérios mais adequados.

Palavras-chave: *Helianthus annuus* L., *Alternaria helianthi*, *Septoria helianthi*, previsão de doenças.

ABSTRACT

Master of Science Dissertation
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Santa Maria

IRRIGATION AND FUNGICIDE APPLICATION IN THE OCCURRENCE OF DISEASES AND PRODUCTIVITY OF SUNFLOWER

AUTHOR: IVAN CARLOS MALDANER

ADVISER: ARNO BERNARDO HELDWEIN

Local and Date of Defense : Santa Maria, February 27th, 2008.

The occurrence of disease has been one of the main problems of the sunflower crop over the years. The objective of this study was to evaluate the effect of irrigation and the application of fungicides on the occurrence of diseases and yield of achenes of two genotypes of sunflower crop in the main and second crop season in the central region of Rio Grande do Sul. The experiments were carried out at Plant Science Department of the Federal University of Santa Maria, Santa Maria, RS, Brazil during the main season at 2007 and the second crop season of 2008. Following growth and development of plants during the crop season through phenometrical and phenological observations. The meteorological data were collected in the center of the experimental area with an automatic weather station and psychrometric pairs at different levels. Twelve treatments were used arranged in a completely randomized design with four replications. The treatments consisted of irrigated and non irrigated controls and different forms of protection with fungicide according to the accumulated severity values (SV) estimated by the FAST (VS = 16, 22, 28) without irrigation and with irrigation and protection with fungicide with 16 VS. The theoretical values of severity (VS) were calculated using the FAST system, considering the duration of the period with relative humidity greater than 90% and air temperature during this period. When the values of the severity of the treatment were achieved the fungicide was applied, and a new count of VS began. The progress of the disease was analyzed based on weekly observations of the severity of the symptoms of the disease in three plants per plot. It was found that irrigation increases the productivity of achenes of sunflower cultivation in the main season, provided that weather conditions are not favorable for the occurrence of the alternaria blight and Septoria leaf blight, or that fungicides to control these diseases are applied before flowering. In the second crop season the effect of irrigation on yield of achenes is negative due to higher occurrence of the alternaria blight and Septoria leaf blight in sunflower. The prediction of the occurrence of diseases in sunflower can be made from weather elements, but adjustments are needed to define the most appropriate criteria.

Key Words: *Helianthus annuus* L., *Alternaria helianthi*, *Septoria helianthi*, disease forecast.

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 – Índice de área foliar (IAF), número de folhas (NF) e estatura das plantas (EP) de dois genótipos de girassol, Hélio 358 e Aguará 03, na safra de 2007 (A, C e E) e safrinha de 2008 (B, D e F) em função do número de dias após a emergência (DAE)..... 47
- FIGURA 2 – Período de tempo em horas com umidade relativa do ar acima de 90% (UR>90%) e temperatura média do ar (Tm) nos períodos com UR>90% utilizados pelo sistema FAST durante a safra de 2007 e a safrinha de 2008, para os genótipos Hélio 358 e Aguará 03, em função dos dias após a emergência (DAE).....49
- FIGURA 3 – Radiação solar incidente ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) e precipitação (mm dia^{-1}) ocorridas durante os cultivos de safra e safrinha do girassol em função do número de dias após a emergência (DAE).....51
- FIGURA 4 – Momentos de aplicação de fungicidas (\blacktriangle), valores de severidade (VS) acumulados ($^{\circ}$) calculados pelo sistema de previsão FAST e a evolução da severidade observada (SVO) de mancha de alternaria e septoriose (\blacksquare) em função dos dias após a emergência (DAE), nos tratamentos FAST 16, FAST 22, FAST 28, FAST 16IRR, TESTIRR e TEST para o girassol, genótipo Hélio 358, na safra de 2007.....58
- FIGURA 5 – Momentos de aplicação de fungicidas (\blacktriangle), valores de severidade (VS) acumulados ($^{\circ}$) calculados pelo sistema de previsão FAST e a evolução da severidade observada (SVO) de mancha de alternaria e septoriose (\blacksquare) em função dos dias após a emergência (DAE), nos tratamentos FAST 16, FAST 22, FAST 28, FAST 16IRR, TESTIRR e TEST para o girassol, genótipo Aguará 03, na safra de 2007.....59

FIGURA 6 – Momentos de aplicação de fungicidas (▲), valores de severidade (VS) acumulados (°) calculados pelo sistema de previsão FAST e a evolução da severidade observada (SVO) de mancha de alternaria e septoriose (■) em função dos dias após a emergência (DAE), nos tratamentos FAST 16, FAST 22, FAST 28, FAST 16IRR, TESTIRR e TEST para o girassol, genótipo Hélio 358, na safrinha de 2008.....60

FIGURA 7 – Momentos de aplicação de fungicidas (▲), valores de severidade (VS) acumulados (°) calculados pelo sistema de previsão FAST e a evolução da severidade observada (SVO) de mancha de alternaria e septoriose (■) em função dos dias após a emergência (DAE), nos tratamentos FAST 16, FAST 22, FAST 28, FAST 16IRR, TESTIRR e TEST para o girassol, genótipo Aguará 03, na safrinha de 2008.....61

FIGURA 8 – Evolução da severidade observada (%) nos diferentes tratamentos, na safra de 2007 (A) genótipo Hélio 358 e (B) genótipo Aguará 03, e safrinha de 2008 (C) genótipo Hélio 358 e (D) genótipo Aguará 03, em função dos dias após a emergência (DAE).....62

FIGURA 9 – Fases de desenvolvimento dos genótipos de girassol, Hélio (HL) 358 e Aguará (AG) 03, em função dos dias após a emergência (DAE) na safra de 2007 e safrinha de 2008. (EM-R1=emergência ao aparecimento do botão floral; R1-R2= aparecimento do botão floral até que a distância da última folha ao capítulo for menor que 2 cm; R2-R5.1=distância da última folha ao capítulo maior que 2 cm até o capítulo apresentar 10% das flores abertas; R5.1-R6= capítulo com mais de 10% das flores abertas até o murchamento das flores; R6-R9= murchamento das flores até o início da maturação fisiológica).....64

FIGURA 10 – Frequência dos valores diários de severidade (VS) iguais a zero (VS0), um (VS1), dois (VS2), três (VS3) e quatro (VS4) calculados pelo sistema de previsão FAST para a safra de 2007 (A) e safrinha de 2008 (B), durante as fases de emergência até aparecimento do botão floral (EM-R1), aparecimento do botão floral até a abertura das pétalas (R1-R5.1), abertura das pétalas até o murchamento das pétalas (R5.1-R6) e murchamento das pétalas até a maturação fisiológica (R6-R9).....66

FIGURA 11 – Frequência dos valores diários de severidade (VS) iguais a zero (VS0), um (VS1), dois (VS2), três (VS3) e quatro (VS4) calculados pelo sistema de previsão FAST para a safra de 2007 e safrinha de 2008, durante as fases de emergência até aparecimento do botão floral (EM-R1), aparecimento do botão floral até a abertura das pétalas (R1-R5.1), abertura das pétalas até o murchamento das pétalas (R5.1-R6) e murchamento das pétalas até a maturação fisiológica (R6-R9).....68

FIGURA 12 – Evapotranspiração máxima (ETm) acumulada da cultura do girassol, não compensada pela precipitação nas parcelas sem irrigação, e precipitação diária ocorrida na safra de 2007 (A) e safrinha de 2008 (B) em função dos dias após a emergência (DAE).....69

FIGURA 13 – Produtividade de aquênios de girassol (kg ha^{-1}) na safrinha de 2008 em função dos dias de área foliar sadia (DAFS), área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e severidade observada (SVO) com valores transformados em raiz do arco seno, para os genótipos Hélio 358 e Aguará 03.....77

LISTA DE TABELAS

- TABELA 1 – Valores de severidade de doença (VS) como função da duração do período de molhamento foliar e da temperatura média do ar durante esse período.....35
- TABELA 2 – Esquemas para a decisão de aplicação de fungicida em híbridos de girassol, utilizando diversos valores acumulados de severidade (VS), calculados pelo sistema FAST.36
- TABELA 3 – Valores de coeficiente de cultura (Kc) para diferentes estágios de desenvolvimento do girassol.....37
- TABELA 4 – Esquemas de aplicação e momentos de aplicação de fungicida no girassol, em dias após a emergência (DAE), nos cultivos da safra de 2007 e safrinha de 2008, para os genótipos Hélio 358 e Aguará 03.....50
- TABELA 5 – Valores do quadrado médio da análise da variância para as variáveis dias de área foliar sadia (DAFS), área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e severidade observada (SVO) em 14/12/2007, para os genótipos Hélio 358 e Aguará 03 em diferentes tratamentos (esquemas) de aplicação de fungicidas, na safra de 2007.....52
- TABELA 6 – Dias de área foliar sadia (DAFS), área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e severidade observada (SVO) aos 93 DAE, para os fatores genótipo e esquema de aplicação de fungicida na safra de 2007.....54
- TABELA 7 – Valores do quadrado médio da análise da variância para as variáveis dias de área foliar sadia (DAFS), área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e severidade observada (SVO) aos 84 DAE, para os genótipos Hélio 358 e Aguará 03 nos tratamentos na safrinha de 2008.....54

TABELA 8 – Dias de área foliar sadia (DAFS), área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e severidade observada (SVO) aos 84 DAE, para os fatores genótipo e esquema de aplicação na safrinha de 2008.....55

TABELA 9 – Valores do quadrado médio da análise da variância para as variáveis diâmetro médio dos capítulos (DMC), peso de 1000 aquênios (PA), percentual de aquênios chochos por capítulo (ACC) e produtividade total de aquênios (PTA), para os genótipos Hélio 358 e Aguará 03 nos tratamentos na safra de 2007.....70

TABELA 10 – Diâmetro médio dos capítulos (cm) (DMC), peso de 1000 aquênios (g) (PA), aquênios chochos por capítulo (%) (ACC) e produtividade total de aquênios (Kg ha⁻¹) (PTA), quando não houve interação entre os fatores genótipo e esquema de aplicação na safra de 2007.....71

TABELA 11 – Valores do quadrado médio da análise da variância para as variáveis diâmetro médio dos capítulos (DMC), peso de 1000 aquênios (PA) e produtividade total de aquênios (PTA), para os genótipos Hélio 358 e Aguará 03 nos tratamentos na safrinha de 2008.....73

TABELA 12 – Peso de 1000 aquênios (g) (PA) e produtividade total de aquênios (kg ha⁻¹) (PTA), para os fatores genótipo e esquema de aplicação na safrinha de 2008.....74

TABELA 13 – Diâmetro (cm) dos capítulos de dois genótipos de girassol em função da aplicação de diferentes esquemas de aplicação de fungicida na safrinha de 2008.....75

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A – Escala diagramática para avaliação da mancha de <i>Alternaria</i> em girassol. Valores em porcentagem da área foliar com sintomas (lesões necróticas e halo clorótico). (LEITE; AMORIN, 2002b).....	85
---	----

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A – Primeiro relato de <i>Septoria helianthi</i> em girassol no Brasil.....	86
APÊNDICE B – Patologia de sementes de girassol.....	88
APÊNDICE C – Produtividade de aquênios de girassol em função do diâmetro de capítulo para o genótipo Hélio 358 (A) e Aguará 03 (B) na safra de 2007 e para o genótipo Aguará 03 na safrinha de 2008 (C).....	91

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 Cultura do girassol.....	17
2.2 Interação entre ambiente, patógeno e hospedeiro.....	19
2.3 Septoriose	21
2.4 Mancha de alternaria.....	23
2.5 Sistemas de previsão de doenças.....	26
2.6 Irrigação na cultura do girassol.....	28
2.7 Consumo hídrico da cultura do girassol.....	30
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	32
3.1 Local e descrição dos cultivos de girassol.....	32
3.2 Controle de plantas daninhas, pragas e doenças.....	33
3.3 Delineamento experimental e tratamentos.....	34
3.4 Irrigação	36
3.5 Variáveis meteorológicas	37
3.6 Determinações fenológicas	41
3.7 Determinações fenométricas	41
3.8 Observações de progresso da doença	42
3.9 Colheita e determinação dos componentes de produtividade.....	43
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
4.1 Caracterização fenométrica dos genótipos.....	45
4.2 Sistema de previsão e os fatores ambientais.....	48
4.3 Ocorrência de mancha de alternaria e septoriose e sua relação com os genótipos e os esquemas de aplicação de fungicidas.....	50
4.3.1 Safra de 2007.....	56
4.3.2 Safrinha de 2008.....	56
4.4 Ocorrência de mancha de alternaria e septoriose e sua relação com o ciclo de desenvolvimento das plantas de girassol.....	63
4.5 Efeito do uso de irrigação e os sistemas de previsão nos componentes de produtividade dos genótipos de girassol.....	67
4.5.1 Irrigações realizadas durante os experimentos.....	67
4.5.2 Genótipos e esquemas de aplicação de fungicidas para a safra de 2007.....	70
4.5.3 Genótipos e esquemas de aplicação de fungicidas para a safrinha de 2008.....	72
4.6 Influência das doenças e alguns componentes de produção na produtividade de aquênios de girassol	75
5 CONCLUSÕES	78
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79
7 ANEXO	87
8 APÊNDICE.....	88

1 INTRODUÇÃO

O girassol é a quarta oleaginosa mais produzida no mundo e a quinta com a maior área plantada. Atualmente, é cultivado em todos os continentes, em uma área de aproximadamente 22,7 milhões de ha (LAZZAROTTO et al., 2005), a qual se concentra principalmente no leste europeu e países da antiga União Soviética, Argentina, EUA, China, Canadá e México.

Nos últimos anos aumentou significativamente o interesse pelo cultivo do girassol no Brasil, principalmente pelo aumento da demanda interna, ao redor de 13% ao ano, por óleo de girassol para o consumo humano, devido às suas propriedades funcionais no organismo e também devido a ascensão do mercado da bioenergia no Brasil e no mundo (GOMES, 2005). Nesse sentido, é crescente a procura por óleos vegetais que possam servir de matéria-prima para a produção do biodiesel. Com as políticas de incentivo do governo federal para o cultivo de oleaginosas em todo o país, através do programa Pró-biodiesel, o Brasil espera conseguir aumentar a produção de girassol para pelo menos atender a demanda do mercado interno. Para isso, além de aumentar a área de plantio, é imprescindível que os produtores adotem a tecnologia de produção mais adequada e que apresente o menor custo financeiro e ambiental, para poder competir de forma sustentável em um mercado cada vez mais globalizado e competitivo.

A cultura do girassol ainda apresenta alguns fatores que diminuem a produtividade nas regiões produtoras do Brasil, sendo a ocorrência de doenças e de períodos de deficiência hídrica no solo, os principais entraves. Dentre as doenças que ocorrem na cultura do girassol e que mais causam redução da produção, destacam-se a mancha de alternaria, causada por *Alternaria helianthi*, e a septoriose, causada pela *Septoria helianthi*. Essas doenças são favorecidas no clima do Rio Grande do Sul por ser freqüente a ocorrência de períodos prolongados de molhamento foliar e umidade relativa do ar elevada no início da primavera até a segunda quinzena de outubro, época em que a cultura já deve estar estabelecida para reduzir a posterior coincidência do período de maior probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica no solo com o período mais crítico da cultura ao estresse hídrico. A irrigação suplementar, embora aumente os custos de produção, permite minimizar a perda por déficit hídrico para as culturas (CASTRO; FARIAS, 2005), mas em excesso faz com que a disponibilidade de água, no solo, ou na parte aérea da planta, propicie a formação de um microclima que favorece o desenvolvimento de muitos patógenos, permitindo que haja

infecção, colonização e sua posterior rápida disseminação. Por si só, a irrigação não determina o aumento da incidência ou da severidade, mas seu efeito é determinado pelas condições criadas pelo sistema de irrigação, interagindo com as condições ambientais, como temperatura, tipo de solo, intensidade e frequência de irrigação, fatores relacionados ao manejo da cultura, variedade plantada, seu porte e espaçamento (RIBEIRO DO VALE; ZAMBOLIM, 1996). O microclima do dossel de plantas de um cultivo agrícola é o ambiente que interage com as mesmas como um dos fatores determinantes da sua produção, bem como atua nas inter-relações entre as plantas com os demais agentes biológicos presentes nesse meio.

Parte do problema reside no controle ineficiente das doenças, principalmente pelo fato dos produtores não utilizarem informações ou alertas gerados por sistemas de previsão das diferentes doenças, com base em variáveis meteorológicas, para a tomada de decisão de aplicação de fungicidas. A aplicação de fungicidas em geral não é feita e, quando é, fica atrelada a determinadas fases fenológicas do desenvolvimento das plantas, desconsiderando os aspectos biológicos do ciclo de vida do patógeno e sua relação com as variáveis ambientais. Em decorrência disso, não há critérios técnicos adequados para o controle das doenças, resultando em aplicações desnecessárias de fungicida em determinadas situações e, em outras, a falta de aplicação em certos períodos favoráveis aos diferentes patógenos. Portanto, é necessário primeiramente avaliar, e se for o caso ajustar, um sistema que permita fazer a previsão ou detecção das condições favoráveis às doenças em questão, na forma de índices quantitativos, tais como os valores de severidade (VS) obtidos com os sistemas de previsão agrometeorológica de doenças. Esses sistemas consideram diferentes variáveis meteorológicas e vem sendo desenvolvidos desde 1926.

As variáveis meteorológicas mais utilizadas são a temperatura média do ar, o número de horas com umidade relativa do ar acima de 90%, o tempo contínuo de molhamento foliar e a precipitação (LEITE; AMORIM, 2002a; AGRIOS, 2004). Nos períodos mais favoráveis ao desenvolvimento das doenças, esses sistemas de previsão indicam o momento mais adequado para proceder a aplicação de fungicida (REIS, 2004). Dentre os vários sistemas de previsão de doenças para diferentes culturas, destacam-se o Blitecast e o Prophy para requeima na cultura da batata e o sistema FAST para a mancha de alternaria na cultura do tomate. Portanto, é importante adaptar ou ajustar sistemas de previsão de doenças para o girassol e verificar qual a influência da irrigação na ocorrência de doenças nessa cultura. Esses fatores motivaram a realização deste estudo, que teve como objetivo avaliar o efeito da irrigação e da aplicação de

fungicidas na ocorrência de doenças e na produtividade de aquênios de dois genótipos de girassol em cultivos de safra e safrinha, na região central do Rio Grande do Sul.

Hipóteses

A irrigação aumenta a ocorrência de doenças e a produtividade do girassol na região central do Rio Grande do Sul, dependendo da época de cultivo e do genótipo utilizado.

A aplicação de fungicidas diminui a injúria por doenças nas folhas de girassol e impede a conseqüente redução na produtividade de aquênios em girassol.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cultura do girassol

O girassol é uma dicotiledônea, pertencente à família Asteraceae, gênero Helianthus, espécie *Helianthus annuus* L. Indícios arqueológicos verificados em estudos recentes indicam que o centro de origem do girassol foi o México (DALL'AGNOL et al., 2005). Atualmente, é cultivado em todos os continentes, concentrando-se principalmente no leste europeu e países da antiga União Soviética, Argentina, EUA, China, Canadá e México. Destaca-se como a quarta oleaginosa em produção e a quinta em área cultivada no mundo (EMBRAPA, 2009).

No Brasil o cultivo de girassol iniciou no final do século XIX, na época da colonização no Sul do Brasil (DALL'AGNOL et al., 2005). No Rio Grande do Sul, os primeiros cultivos comerciais foram no final da década de 1940, mas devido à baixa produtividade e suscetibilidade das cultivares utilizadas à doenças, tornaram as frustrações de safra e os prejuízos econômicas freqüentes, levando ao abandono do seu cultivo comercial em larga escala. No final da década de 1970, houve um novo incentivo à pesquisa com oleaginosas no Brasil, motivado pelo estímulo do governo ao uso de óleos vegetais para substituir os derivados de petróleo. Assim, a produtividade de girassol em 1980, no oeste do Estado do Paraná alcançou média de 1800 kg ha⁻¹, mas logo em 1983 baixou para 460 kg ha⁻¹, sendo essa frustração de safra causada por doenças fúngicas decorrentes da ocorrência de condições prolongadas de alta umidade no final do ciclo (DALL'AGNOL et al., 2005), o que novamente freou a expansão da cultura na região.

Apesar de todos os problemas relacionados ao cultivo e comercialização que ainda precisam ser resolvidos de forma mais satisfatória, na última década a área semeada com girassol vem aumentando gradativamente no Brasil. Na safra de 2000/2001 a área cultivada com girassol foi de 37 mil ha, aumentando para 113,9 mil ha na safra de 2007/2008 (CONAB, 2008). A produtividade vem apresentando tendência de se manter constante, em torno de 1500 kg ha⁻¹. Assim, a produção brasileira de girassol vem aumentando principalmente em função do aumento da área de plantio, alcançando em torno de 149,3 mil toneladas na safra 2007/2008 (CONAB, 2008).

O principal mercado para o girassol é a indústria de óleos. A demanda mundial pelo óleo de girassol vem crescendo em torno de 1,8% ao ano, sendo que a demanda brasileira aumenta em torno de 13% ao ano. Para suprir essa demanda o país importa óleo da Argentina (GOMES, 2005). Portanto, existe espaço para a expansão da produção brasileira de girassol, desde que se adotem políticas e, principalmente, técnicas que permitam aumentar a produtividade e competitividade no mercado interno.

O girassol é uma oleaginosa que apresenta características agrônômicas importantes, como maior resistência à seca, ao frio e ao calor do que a maioria das espécies anuais normalmente cultivadas no Brasil (EMBRAPA, 2009). É uma cultura com um valor alimentar significativo, além de ser usada na forma de óleo para a indústria de biodiesel, farelo ou silagem para a alimentação animal e também como planta ornamental.

O girassol é uma planta de fecundação cruzada, sendo a abelha o principal inseto polinizador (CASTRO; FARIAS, 2005). Por causa dessa característica o uso de fungicidas, quando necessário, deve ocorrer até o estágio R4 (início da abertura da inflorescência), isto é, cerca de uma semana antes do início da floração.

O girassol apresenta adaptação à amplas condições edafoclimáticas, sendo seu rendimento pouco influenciado pela localização geográfica e pelo fotoperíodo, sendo classificado como insensível à duração contínua do período escuro, embora algumas variedades apresentem comportamento de plantas de dia curto e outras de dia longo (CASTRO; FARIAS, 2005). Graças a essas características, apresenta uma ampla dispersão e adaptação em todo o território brasileiro, sendo também uma opção para os sistemas de rotação e sucessão de culturas nas regiões produtoras de grãos (EMBRAPA, 2009). O girassol se adapta bem em variados ambientes, tolerando temperaturas baixas e períodos de estresse hídrico. No entanto, temperaturas do solo inferiores a 4°C inibem a germinação, mas valores entre 8 a 10°C são satisfatórios, embora a ocorrência de temperaturas baixas durante a germinação retarde a emergência das plantas. A faixa de temperatura de 8 a 34°C é tolerada

pelo girassol sem redução expressiva da produção, desde que não haja limitação de disponibilidade de radiação solar e de disponibilidade hídrica no período crítico, que compreende o florescimento e enchimento de aquênios (WEISS, 1983 apud CASTRO; FARIAS, 2005). A temperatura ideal para o desenvolvimento situa-se em 27 a 28°C, enquanto temperaturas acima de 35°C reduzem o teor de óleo.

Nos últimos anos, segundo Lazzarotto et al. (2005), o girassol vem sendo cultivado predominantemente como safrinha, após a colheita de verão em sucessão aos cultivos de soja e milho. Esse cultivo de safrinha permite o aproveitamento, por parte dos produtores, dos recursos disponíveis na propriedade como mão de obra e máquinas que poderiam ficar ociosos (AMORIN et al., 2008). Por isso, é interessante fazer estudos para melhorar as técnicas de produção não só na época de safra, mas também para obter melhor produtividade de forma sustentável nas semeaduras da safrinha, visto que as condições ambientais na época de safrinha são diferentes e podem influenciar de forma negativa a produção de aquênios, principalmente se forem mais favoráveis à ocorrência de doenças do que na época de safra.

Segundo Zimmer e Hoes (1978), o fator que mais afeta a produtividade do girassol na maioria das regiões produtoras é a ocorrência de doenças. Estima-se que 12% da produção mundial de girassol seja perdida todo ano pela ocorrência de doenças. No Brasil, a expansão da cultura do girassol pode voltar a ser prejudicada pelas doenças, já que os danos à produção podem alcançar a 100% se as condições climáticas forem favoráveis às doenças (LEITE, 2005). Nesse sentido, é imprescindível continuar e aprofundar o estudo das interrelações que ocorrem entre o ambiente de cultivo dessa oleaginosa, os patógenos causadores das principais doenças e os genótipos de girassol utilizados na produção dessa cultura no Brasil.

2.2 Interação entre ambiente, patógeno e hospedeiro

A ocorrência de uma doença depende da interação entre uma planta suscetível, um patógeno infectivo e o ambiente favorável ao patógeno (AGRIOS, 2004; HELDWEIN, 2006). O ambiente é um fator de grande relevância na interação entre patógeno e planta, pois pode afetar todas as fases do ciclo do patógeno (infecção, colonização, esporulação, dispersão e sobrevivência). A condição ambiental pode muitas vezes ser desfavorável ao ponto de impedir que o patógeno, mesmo presente sobre o hospedeiro, se instale, se desenvolva e/ou se propague. As condições ambientais também podem influenciar o hospedeiro, através da alteração de sua suscetibilidade, pela exposição a fatores externos menos favoráveis a ele do que ao patógeno (HELDWEIN et al., 2007). Desse modo, as condições micrometeorológicas

são muito importantes para o manejo e controle de doenças, pois condicionam os processos infecciosos (HUBER; GILLESPIE, 1992; SENTELHAS et al., 2005).

Os principais elementos meteorológicos que afetam a interação entre patógeno e planta são a temperatura do ar e umidade relativa do ar (LEITE; AMORIM, 2002a; AGRIOS, 2004) ou o tempo de molhamento da parte aérea das plantas. A temperatura do ar afeta o desenvolvimento e multiplicação do patógeno, assim como, o crescimento e desenvolvimento da planta (BOSCO, 2008). O desenvolvimento de uma doença está relacionado, principalmente, com a temperatura do ar que, por sua vez, melhor se relaciona com a temperatura ótima de crescimento e desenvolvimento do patógeno (AGRIOS, 2004). Em regiões úmidas, a temperatura do ar é o fator principal para o desenvolvimento de doenças (GARCÍA, 2005).

A umidade relativa do ar é importante no desenvolvimento das doenças de várias formas. A maioria dos patógenos necessita água líquida ou o ar próximo à saturação com vapor de água sobre a superfície da planta para completar o processo de infecção com sucesso (HUBER; GILLESPIE, 1992; REIS; WORDELL FILHO, 2004; HELDWEIN et al., 2007). O molhamento foliar pode ser originado pela precipitação pluvial, irrigação, nevoeiro ou orvalho. Dentre estes, o orvalho é considerado o condicionador natural das doenças, pois sua presença sobre o tecido vegetal pode ser prolongada, resultando em condição propícia para a germinação dos esporos de fungos e penetração do tubo germinativo nas folhas, mesmo sem a ocorrência de chuva (HUBER; GILLESPIE, 1992; HELDWEIN et al., 2007; BOSCO, 2008).

O aumento da duração do período de molhamento foliar leva a um aumento da severidade da doença. O molhamento foliar depende de vários fatores: umidade relativa do ar e umidade do solo, saldo de radiação no período noturno, precipitação e velocidade do vento. O molhamento foliar varia entre diferentes locais e estrutura dos diferentes dosséis, mas pode ser feita uma aproximação empírica ou analítica, desde que validada, para os diferentes agroecossistemas em função da modificação do microclima, com a evolução da arquitetura e densidade do dossel de plantas (HELDWEIN, 1993).

Durante a noite, se o molhamento foliar ocorrer por um período prolongado, pode condicionar a produção de esporângios de oomicetos, que podem germinar e infectar novamente o tecido vegetal, caso permaneçam sobre a mesma planta. Nesse caso, a água é necessária durante esse período para que ocorra novamente a infecção (HELDWEIN et al., 2007). A precipitação pluvial e a irrigação por aspersão, além de ocasionarem o molhamento da planta, também atuam na dispersão dos patógenos através de gotas e respingos que transportam os propágulos dos patógenos para as folhas e plantas vizinhas. Outro aspecto

desfavorável da ocorrência da precipitação e do orvalho é com relação ao controle de doenças, visto que atuam na diluição e careamento de defensivos agrícolas, tanto os com ação de proteção por contato, quanto os de ação sistêmica (BOSCO, 2008). Uma vez ocorrendo a infecção do tecido vegetal pelo patógeno, o molhamento foliar passa a ser desnecessário, sendo a partir desse momento a temperatura o elemento meteorológico que condiciona o crescimento do fungo, influenciando sua multiplicação vegetativa na planta até atingir um desenvolvimento que permita a produção de frutificações (HELDWEIN et al., 2007).

A radiação solar, o vento e a luminosidade apresentam também um papel importante no processo de infecção, pois atuam nos processos de germinação dos esporos, penetração e disseminação do patógeno (AGRIOS, 2004). Esses elementos afetam a multiplicação e atividade do patógeno, a interação entre patógeno e hospedeiro através do aparecimento dos primeiros sintomas da doença, e também podem afetar a planta reduzindo seu crescimento, o que pode deixá-la mais suscetível a ocorrência de doenças. O vento pode estar relacionado com a disseminação dos patógenos, mas também pode diminuir a velocidade da infecção, devido a secagem mais rápida da superfície das folhas em noites com molhamento foliar por orvalho (HELDWEIN, 1993) ou após molhamento por precipitação, dessa forma, reduzindo o tempo favorável para a germinação dos esporos e penetração do fungo e, conseqüentemente, a severidade de injúria (AGRIOS, 2004; TRENTIN, 2006; BOSCO, 2008). Assim, o conhecimento das relações entre o ambiente, o patógeno e o hospedeiro são fundamentais para o manejo das doenças e para o desenvolvimento e ajuste de sistemas de previsão (DE WOLF; ISARD, 2007; BOSCO, 2008). A maioria dos sistemas de previsão de doenças causadas por fungos ou oomicetos tem como base um ou mais elementos meteorológicos (REIS, 2004; HELDWEIN, 2007) e, portanto, existe a possibilidade de gerenciar o manejo dessas doenças a partir desses dados físicos.

2.3 Septoriose

A septoriose é uma doença do girassol que está distribuída por todo o mundo, com relatos na Europa, Ásia, África, Austrália, América do Sul e América do Norte. Essa doença causa grandes prejuízos à produtividade de aquênios de girassol na China, Índia e Tailândia, sendo uma doença muito destrutiva sob condições de precipitação abundante. Nos Estados

Unidos e Canadá, a septoriose não é muito severa no girassol, uma vez que a precipitação nas regiões produtoras desses países é considerada limitante (BLOCK, 2005).

Carson (1987), realizou inoculações com o fungo *Septoria helianthi* em três estágios de desenvolvimento do girassol: duas folhas verdadeiras (V2), seis folhas verdadeiras (V6) e início do florescimento (R5.1), para dois genótipos e dois anos de cultivo. Verificou que houve uma redução na produtividade de aquênios e teor de óleo para inoculações realizadas no estágio V2, sendo a redução variável entre anos e entre genótipos. O peso de 1000 aquênios foi menor nas inoculações feitas nos três estágios diferindo, da parcela sem inoculação. Observou também que a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) foi maior nas parcelas em que foi realizada a inoculação em relação às parcelas sem inoculação para ambos os genótipos, diferentes anos e os diferentes estágios de desenvolvimento.

A septoriose no girassol é causada pelo fungo *Septoria helianthi*, Ellis e Kellerman. Os sintomas da doença são manchas foliares de coloração marrom-escura com formato angular a irregular, com a presença de lesões marrom-escuras na parte superior das folhas e lesões com uma coloração mais acinzentada na parte abaxial das folhas. Nas lesões maduras, são encontrados pequenos pontos pretos que são os picnídios, os quais, sob condições ambientais ideais, se desenvolvem em ambas as superfícies da folha. Os picnídios apresentam diâmetro de 100 a 150 μm e seus ostíolos possuem de 30 a 35 μm de diâmetro (HAMID; JALALUDDIN, 2007). As lesões coalescem necrosando os tecidos das folhas do terço inferior das plantas e, após, vindo a atacar as folhas superiores. No interior dos picnídios se observa a presença de conídios hialinos. Os conídios são filiformes e ligeiramente curvados, com aproximadamente 50 a 75 μm de comprimento e apresentam de 3 a 5 septos (HAMID; JALALUDDIN, 2007). A disseminação dos conídios de *S. helianthi* ocorre principalmente por respingos de água de precipitação ou irrigação e por transporte pelo vento.

A septoriose é uma das principais doenças do girassol cultivado nas regiões onde ocorre sua incidência, pois pode causar perdas muito expressivas. No Brasil, sua incidência foi verificada pela primeira vez na primavera de 2007, na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (Apêndice B), passando a ser uma preocupação a mais para os pesquisadores e produtores do Rio Grande do Sul. Por essa razão, seu estudo foi incluído no atual trabalho. Outro aspecto importante é que não há informações na literatura com relação à transmissividade de septoriose via semente, nesse sentido foi realizada uma patologia de sementes de girassol que apresentou a doença durante o cultivo (Apêndice C).

2.4 Mancha de alternaria

A mancha de alternaria é uma das principais doenças que ocorrem no girassol cultivado em áreas de clima subtropical úmido, condição essa predominante nas regiões produtoras do Brasil, estando presente em praticamente todas as regiões e em todas as épocas de semeadura (LEITE, 2005). Sua identificação foi realizada no Brasil na década de 70 (RIBEIRO et al., 1974).

A doença afeta a planta pelo comprometimento da sua área fotossintética, devido à formação de manchas foliares e posterior desfolha precoce. Plantas atacadas apresentam uma redução do diâmetro dos capítulos, do número de aquênios por capítulo, do peso dos aquênios e do teor de óleo (KHAN et al., 2000; ORTA et al., 2002; LEITE, 2002; CASTRO et al., 2006), além de promover antecipação da maturação fisiológica das plantas severamente afetadas (RIBEIRO et al., 1974; LEITE, 2005). Segundo Leite (2005), a mancha de alternaria vem sendo relatada em outros países da América do Norte e da África, Argentina, Índia, Japão, Austrália, Sérvia e Montenegro. Na Índia, em condições ótimas para o desenvolvimento da doença, as reduções na produtividade de aquênios e no teor de óleo podem alcançar até 95,8% e 96,3%, respectivamente, ou até ocasionar a morte prematura de 100% das plantas, mostrando o alto potencial destrutivo dessa doença (GHEMAWAT et al., 1989; SAHU et al., 1991).

A mancha de alternaria é causada pelo fungo *Alternaria helianthi* (Hansf.) Tubaki e Nishihara, sendo o principal problema fitossanitário do girassol (MORAES et al., 1983), causando crestamento nas partes aéreas da planta em todos os estágios de desenvolvimento do girassol.

Existem várias espécies de *Alternaria* que causam sintomas de ocorrência parecidos no girassol. No entanto, Gulya et al. (1997), determinou que a identificação das espécies seja feita com base na forma e no tamanho dos conídios, sendo os conídios de *Alternaria helianthi*, de formato cilíndrico a elipsoidal, não possuindo cauda e formados isoladamente em conidióforos cilíndricos e solitários.

Os sintomas iniciais nas plantas são pequenas pontuações necróticas com cerca de 3 a 5 mm de diâmetro, de coloração variável de castanho a negra e formato arredondado a angular, com halo clorótico. As lesões características apresentam círculos concêntricos, semelhantes a um alvo. Quando essas lesões coalescem, formam-se áreas maiores de tecido necrosado, provocando a desfolha antecipada das plantas. Os sintomas aparecem primeiro nas

primeiras folhas emitidas pela planta, alastrando-se posteriormente aos níveis mais altos da planta para, finalmente, atacar também o capítulo. Nas hastes e pecíolos, as lesões iniciam em pequenos pontos, formando áreas necrosadas, que em grande número, podem tomar toda a haste. Em plantas adultas coloniza as brácteas e o receptáculo floral, podendo até causar a podridão do capítulo (ANAHOSUR, 1978; ALMEIDA, 1981; ALLEN et al., 1983; LEITE, 2005). Segundo Sahu et al. (1991), as plantas de girassol são suscetíveis durante todos os estágios de seu desenvolvimento, mas considera a fase de maior suscetibilidade o período compreendido desde o surgimento das anteras até o enchimento de aquênios, com a maior severidade observada durante esse período.

O patógeno causador da mancha de alternaria em girassol pode ser transmitido pela semente, sendo constatada sua presença internamente e no tegumento (GULYA, et al., 1997). Em condições favoráveis, o fungo produz grande quantidade de conídios e o transporte dos conídios ocorre pelo vento e pela precipitação, podendo em pouco tempo, alastrar-se para as folhas ou plantas vizinhas. As condições ótimas para a germinação de conídios de *A. helianthi* são alta umidade relativa do ar e temperatura entre 25°C e 30°C. Os tubos germinativos penetram diretamente através da cutícula e da epiderme da planta de girassol (DAVET et al., 1991). A doença é severa numa ampla faixa de variação de temperatura, que pode oscilar em até 10 °C em torno da condição térmica ótima, sendo essa a possível explicação para a doença ser encontrada em todas as regiões produtoras e em todas as épocas de semeadura (LEITE, 1997).

A temperatura influencia a densidade relativa de lesões e a severidade da mancha de alternaria em girassol. A densidade relativa de lesões é maior na temperatura de 25°C, ocorrendo aumento na severidade até 30°C. A partir desta, a severidade decresce de forma acentuada, sendo também influenciada pelo aumento da duração do período de molhamento foliar (LEITE, 2002). A temperatura mínima para o desenvolvimento da doença situa-se em torno de 12°C e a máxima em cerca de 37°C, sendo as condições ótimas para o estabelecimento da doença de 25° C e 24 horas de molhamento foliar, havendo diferença de progresso de densidade de lesões e de severidade em diferentes híbridos de girassol (LEITE; AMORIM, 2002a).

Os danos atribuídos à mancha de alternaria são dependentes da fase em que a planta foi infectada e das condições meteorológicas vigentes. Reddy e Gupta (1981) avaliaram a infecção natural de plantas de girassol por *A. helianthi*, com variação na intensidade da doença, em que a redução na produtividade variou de 11,3 a 73,3%, mostrando relação entre severidade da doença e dano. Allen et al. (1981), compararam parcelas de girassol inoculadas

com *A. helianthi* com uma parcela sadia, na qual foi realizado o controle químico. O controle da epidemia na antese aumentou o rendimento de óleo em 28%, sendo o mesmo atribuído ao aumento do número de aquênios por capítulo.

A germinação e ramificação dos tubos germinativos aumentam quando conídios de *Alternaria helianthi* são misturados ao pólen do capítulo, favorecendo a suscetibilidade do girassol no estágio de enchimento dos grãos. A fase de maturação da cultura torna-se então apropriada ao desenvolvimento da doença quando aliada às condições do ambiente favoráveis ao patógeno. Do ponto de vista epidemiológico, um baixo nível de infestação de *A. helianthi* nas sementes é capaz de causar sérios danos à cultura em condições favoráveis à doença durante seu ciclo de desenvolvimento.

Segundo Salustiano et al. (2005), a presença de *Alternaria helianthi* como contaminante de sementes de girassol é capaz de causar alto índice de doença, redução do estande, massa verde e altura de plantas. Sementes infectadas quando semeadas originaram plântulas com lesões e quanto maior a concentração de inóculo presente nas mesmas, maior será o índice de doença e menor o número de plantas sobreviventes. Entretanto, a principal fonte de inóculo primário é constituída por restos de cultura infectados com o fungo, que em condições favoráveis produzem grande quantidade de conídios, que em pouco tempo, através do transporte dos conídios pelo vento e pela precipitação pluvial, podem se alastrar para as folhas ou plantas vizinhas (DAVET et al., 1991).

De maneira geral, em áreas com cultivo recente de girassol, o crestamento se agrava a partir do segundo cultivo, sendo preconizado que a área seja incluída em um sistema de rotação de culturas, retornando o girassol na mesma área somente após quatro anos (ALLEN et al., 1983; JEFFREY et al., 1984; LEITE, 2005). Outra medida de controle é através do uso de híbridos resistentes. No entanto, Leite et al. (1999) observaram que em um estudo realizado no Paraná, em condições de infecção natural, todos os genótipos avaliados, mostraram-se suscetíveis a *A. helianthi*. Nesse sentido, como a maioria dos genótipos são suscetíveis e a grande maioria dos produtores não adotam o sistema de rotação de culturas é necessário buscar outras alternativas de controle, como, por exemplo, o controle químico.

A aplicação de fungicidas na parte aérea não é preconizada para o controle da mancha de alternaria em girassol no Brasil, devido principalmente à dificuldade do trânsito de máquinas relacionada ao porte elevado das plantas (LEITE, 2005), mas pode ser uma alternativa tecnicamente viável e eficiente nos primeiros 45 dias do ciclo, principalmente se o espaçamento entre fileiras for acima de 0,7 m, retardando-se assim a severidade do dano. Em outros países, fungicidas como benomyl, imazalil, ipridione, iprodione + mancozeb,

procymidone e vinclozolin foram eficientes no controle da doença, com aumentos consideráveis de produtividade, peso médio de aquênios e do teor de óleo (PEREYRA; ESCANDE, 1994; GULYA et al., 1997).

2.5 Sistemas de previsão de doenças

Sistemas de previsão de doenças têm por objetivo auxiliar os agricultores na tomada de decisão do momento mais adequado para a aplicação de fungicida para o controle da doença (REIS, 2004; GRIMM, 2007). A utilização de sistemas de previsão de ocorrência com base nas condições ambientais recentes é considerada uma alternativa auxiliar na tomada de decisão, indicando os períodos de condições favoráveis ao desenvolvimento das doenças. As principais vantagens dos sistemas de previsão são: maior lucro ao produtor pela racionalização do número de aplicações de fungicidas, decréscimo do risco de ocorrência de epidemias, reduzir o número de aplicações de fungicida, reduzindo também o efeito negativo dos produtos químicos ao homem e ao ambiente, além de retardar o desenvolvimento de resistência no patógeno alvo (BERGAMIN FILHO; AMORIM, 1996; REIS; WORDELL FILHO, 2004; TRENTIN, 2006).

Os modelos de previsão de doenças podem ser mecanísticos ou empíricos, sendo o tipo de informação utilizado o que os diferencia. Os modelos mecanísticos são aqueles desenvolvidos a partir de experimentos em laboratório, em câmaras de crescimento, em casa de vegetação ou no campo, e que descrevem um ou mais componentes das relações hospedeiro/patógeno influenciados pelo ambiente. Já, os sistemas de previsão empíricos são desenvolvidos a partir da coleta e da análise de dados históricos ou atuais, relativos a níveis da doença e sua relação com fatores bióticos e abióticos (REIS; WORDELL FILHO, 2004). Segundo Madden e Ellis (1987), os modelos empíricos são os mais utilizados, pois são mais simples e, mesmo assim, em geral apresentam desempenho satisfatório. No entanto, ainda há alguns problemas sem soluções, principalmente quando se deseja colocar algum desses modelos empíricos de suporte à tomada de decisão em locais diferentes daqueles onde foram desenvolvidos e testados, e torná-los viáveis para o uso de produtores e técnicos em outras regiões que apresentam condições diferentes das de sua origem (CAMPBELL; MADDEN, 1990; HELDWEIN et al., 2007).

As inovações ocorridas nos últimos anos aumentaram a capacidade de monitoramento do microclima das culturas, mostrando alternativas para o estudo do efeito dos elementos meteorológicos no desenvolvimento das doenças de plantas. Nesse sentido, qualquer sistema que prevê o início do desenvolvimento de uma doença a partir das condições meteorológicas que interferem nas interações entre hospedeiro e patógeno, pode ser considerado um sistema de previsão de doenças. Esse conceito é amplo e nele podem ser incluídos desde programas computacionais complexos até simples relações, como por exemplo, infecção com base em horas de molhamento foliar e a temperatura do ar nesse período (TRENTIN, 2006; BOSCO, 2008).

O componente do ciclo da doença mais usado em sistemas de previsão é a infecção. Por isso, a maioria dos sistemas de previsão de doenças levam em consideração a duração do período de molhamento da superfície da folha (DPM), que é necessária para esse processo. Geralmente a DPM é considerada similar ao tempo em horas em que a umidade relativa do ar permanece acima de 90% ($TUR > 90$). A DPM ou $TUR > 90$ e a temperatura do ar durante esse período de molhamento, são os dois elementos meteorológicos de grande importância no processo infeccioso (REIS; WORDELL FILHO, 2004) e, portanto, são os mais utilizados para descrever esse processo.

Heldwein et al. (2007) considera como requisitos básicos para a implantação de sistemas de alertas agrometeorológicos monitorar o microambiente da cultura e, se possível, do solo, com levantamentos periódicos da população dos insetos-praga ou dos propágulos de fitopatógenos e/ou sintomas das moléstias por eles causados, podendo ser estabelecidas as relações e ajustes dos modelos que permitem prever a necessidade de aplicar ou não os defensivos específicos.

Na literatura, estão disponíveis uma série de modelos ou sistemas de previsão de severidade de dano por doenças, desenvolvidos para diferentes culturas, dentre os quais, o sistema FAST (Forecasting Alternaria Solani on Tomato) é utilizado para previsão de mancha de alternaria no tomate (MADDEN et al., 1978). O sistema FAST foi desenvolvido com o objetivo de identificar os períodos em que as condições ambientais são favoráveis ao desenvolvimento da pinta-preta ou mancha de alternária na cultura do tomateiro e indicar o momento mais adequado para a aplicação eficiente de fungicidas. O FAST é constituído por dois modelos, um chamado de modelo de molhamento foliar e outro de modelo chuva. O primeiro, baseia-se no tempo de molhamento foliar e na temperatura média do ar durante os períodos de molhamento para prever valores diários de severidade (VS), que variam de 0 a 4. Os valores de severidade aumentam a medida que a duração do período de molhamento

aumenta (MADDEN et al., 1978; REIS; BRESOLIN, 2004). Considera-se um acúmulo de 15 a 30 VS, dependendo da suscetibilidade ou resistência do genótipo ao patógeno, para a recomendação de aplicação de fungicida. Já o modelo chuva leva em consideração três variáveis meteorológicas, a temperatura média do ar nos últimos cinco dias, horas com umidade relativa >90% nos últimos cinco dias e o total de chuva (mm) nos últimos sete dias para calcular os índices diários de severidade (IDS). A primeira aplicação de fungicida deve ser feita quando for ultrapassada a cifra de 35 valores de severidade acumulados ou valores acumulados de IDS e as plantas no campo apresentarem, no mínimo, cinco semanas de idade. As demais aplicações no ciclo são realizadas conforme os valores de severidade alcançarem os valores críticos estabelecidos nos experimentos de validação do sistema (MADDEN et al., 1978).

Considerando os resultados de pesquisa de Allen et al. (1983), Das et al. (1998) e Leite e Amorim (2002a), que apontam na mesma direção dos critérios utilizados no sistema FAST, pode ser possível ajustar esse sistema para a previsão da severidade de dano causado por mancha de alternaria em outras culturas, como o girassol.

2.6 Irrigação na cultura do girassol

A variabilidade na disponibilidade hídrica durante a estação de crescimento é a principal limitação a expressão do potencial de produtividade das culturas, independente do ciclo da cultivar, época de semeadura e do local (CASTRO; FARIAS, 2005). Um aspecto importante a ser considerado é com relação ao uso e manejo da irrigação nas culturas, que deve ser relacionado com a eficiência do uso da água, envolvendo necessariamente aspectos agrônômicos e de engenharia, além de aspectos ambientais (CARLESSO et al., 2001; GRIMM, 2007). O manejo ideal da irrigação é aquele que mantém continuamente, durante o ciclo de crescimento das plantas, condições favoráveis de umidade do solo para suprimento hídrico e maior fluxo de CO₂ e O₂ em seu meio (GRIMM, 2007).

Göksoy et al. (2004) utilizaram 14 diferentes programações de irrigação, variando as lamina de irrigação e irrigando o girassol em diferentes períodos. Verificaram que irrigações nos períodos de germinação, florescimento e enchimento de aquênios aumentam a produtividade de aquênios, teor de óleo e peso de 1000 aquênios em girassol. A maior produtividade de aquênios (4056 kg ha⁻¹) foi obtida ao realizarem a irrigação em todo o ciclo

do girassol, enquanto nas parcelas não irrigadas a produtividade foi de apenas 1841 kg ha⁻¹. Esses autores também verificaram que, em caso de escassez de água para a irrigação, ao realizar pelo menos uma irrigação no florescimento do girassol, a eficiência da irrigação aumenta significativamente.

Em modelos preditivos de redução da produtividade em função de períodos de deficiência hídrica, Barni et al. (1996) verificaram que as condições hídricas no subperíodo reprodutivo, entre os estágios R1 e R6, são determinantes na produtividade final de aquênios e que modelos que incluem outros subperíodos não melhoram a previsão. No entanto Gomes (2005), verificou que, para semeaduras realizadas em Limeira, SP, no período seco (junho), irrigando apenas no período mais crítico, a produtividade de aquênios é menor do que sob irrigação durante todo o ciclo, mas superior ao tratamento sem irrigação, ficando evidenciado que o girassol responde à irrigação, mesmo sendo considerado uma planta tolerante a deficiência hídrica. Provavelmente ocorre compensação parcial em função do maior aprofundamento do sistema radicular das plantas em épocas de deficiência hídrica.

Segundo afirmação de Balardin (2001) e Grimm (2007), a irrigação por aspersão, se realizada incorretamente, pode favorecer a incidência e a intensidade de ataque das doenças nas culturas, tendo em vista a otimização de dois importantes fatores relacionados com a patogênese. O primeiro é o maior número de horas com molhamento foliar favorável ao desenvolvimento e estabelecimento dos patógenos. O segundo é a maior turgescência dos tecidos vegetais mais propensos a uma rápida infecção. Debaeke et al. (1998) verificaram que a limitação da expansão da área foliar sob condições de cultivo sem irrigação suplementar no sudoeste da França, em tratamentos com menor densidade de plantas e diminuição da dose de N, limitou também a frequência de infecção da haste por *Phomopsis helianthi*, prolongou a reserva de água no solo e maximizou a produção de aquênios para aquela condição hídrica. Esses autores também observaram que uma irrigação de 100 mm, realizada no florescimento da cultura, aumenta a eficiência do uso da irrigação e diminui as perdas na produtividade relacionadas ao fungo *Phomopsis helianthi*, em relação ao girassol irrigado em todas as fases do ciclo.

2.7 Consumo hídrico da cultura do girassol

A necessidade de água de uma cultura normalmente se expressa pela taxa de evapotranspiração (ET), que depende das condições meteorológicas, da disponibilidade hídrica no solo e da cobertura vegetal do terreno. A quantidade de água a ser aplicada na cultura varia com a evapotranspiração, um processo em que ocorrem simultaneamente a evaporação e a transpiração da cultura, que varia em função de diferentes condições de disponibilidade hídrica, do grau de cobertura vegetal ou índice de área foliar (IAF), da demanda atmosférica e da fase de desenvolvimento em que as plantas se encontram (PEREIRA et al., 1997; GRIMM, 2007).

Sob condições de adequada disponibilidade hídrica no solo, que determina condição de ausência de estresse hídrico, recebe a denominação de evapotranspiração máxima (ET_m) e sua relação com a evapotranspiração potencial ou de referência (ET_o) resulta no coeficiente de cultura (K_c) (GRIMM, 2007). Para cada cultura e cada estágio de desenvolvimento das plantas tem-se um K_c diferente. Para o girassol, o K_c varia de 0,3 a 0,4, no período de emergência até 10% da cobertura do solo, de 1,0 a 1,20 com 80 a 100% de cobertura do solo (DOORENBOS; KASSAM, 1979), o que coincide com o período de florescimento das plantas, quando seu IAF é máximo.

Para saber quanto irrigar, é necessário primeiro calcular a evapotranspiração de referência (ET_o), que é definida como sendo o total de água perdida para a atmosfera por evaporação e transpiração, por unidade de tempo, de uma superfície extensa, completamente coberta por vegetação de porte baixo, e bem suprida de água (PEREIRA et al., 1997), considerada como padrão de comparação ou referência.

As exigências hídricas do girassol ainda não estão plenamente definidas, pois são variáveis com o genótipo, a densidade de plantas no dossel, o comprimento do ciclo, e principalmente com as condições meteorológicas no decorrer do ciclo. Considera-se que o suprimento de 500 a 700 mm de água resulta em rendimentos próximos ao máximo (UNGER, 1990). O girassol irrigado em todas as fases do ciclo (emergência, florescimento e enchimento de grãos) apresentou uma evapotranspiração de 674 mm, enquanto no tratamento sem irrigação a evapotranspiração foi de 306 mm (GÖKSOY et al., 2004). É uma cultura que possui baixa eficiência no uso da água, ou seja, para 2g de matéria seca produzidas pela cultura é gasto um litro de água (UNGER, 1990). A necessidade aumenta de cerca de 0,5 a 0,7 mm/dia, na emergência, até um máximo de 6 a 8 mm/dia, na plena floração. A fase mais

crítica ao déficit hídrico é o período compreendido desde cerca de 10 a 15 dias antes do início do florescimento até 10 a 15 dias após o final da floração.

Nesse sentido, como praticamente não existem informações sobre o efeito da irrigação na ocorrência de doenças e na produtividade do girassol, tanto no Rio Grande do Sul como no Brasil, essa foi a motivação para este estudo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e descrição dos cultivos de girassol

Os experimentos foram realizados no campo experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS (latitude: 29°43'23''S, longitude: 53°43'15''W e altitude: 95 m). O clima da região, conforme a classificação de Köppen, é do tipo Cfa, isto é, subtropical úmido com verões quentes, sem estação seca definida (MORENO, 1961). O solo do local apresenta um horizonte superficial Ap, com transição para horizonte B textural a cerca de 0,3m de profundidade e foi classificado como “Argissolo Vermelho distrófico arênico” (EMBRAPA, 2006), pertence a unidade de mapeamento São Pedro.

Os experimentos foram realizados em dois períodos: na primavera, a semeadura foi realizada em 04/09/2007 e colheita em 08/01/2008, considerado como experimento de safra; no experimento de verão/outono, a semeadura foi realizada em 21/01/2008 e a colheita em 29/04/2008, sendo esse considerado como experimento de safrinha. A área ocupada pelos experimentos em cada época foi de 1125 m². Utilizaram-se dois híbridos de girassol, Hélio 358 e Aguará 03, que são os genótipos de ciclo médio mais plantados no RS. A semente de girassol do híbrido Hélio 358 foi obtida através da Empresa Helianthus do Brasil localizada em Uberlândia, MG e o híbrido Aguará 03 foi obtido da empresa Atlântica Sementes, localizada em Curitiba, PR. O manejo das plantas seguiu as recomendações técnicas para a cultura do girassol (EMBRAPA, 2009).

No experimento de safra as culturas antecessoras do girassol foram batata no verão e aveia no inverno. Antes da semeadura da aveia foi feita uma aração profunda e uma gradagem. A aveia foi derrubada por uma primeira gradagem quando as plantas estavam emitindo a panícula, esperando-se 20 dias para o preparo definitivo do solo feito com uma segunda gradagem. A área utilizada para o experimento de safrinha estava sendo cultivada com trigo até meados de dezembro de 2007. Nessa área, o solo foi preparado por duas gradagens, realizadas 39 e 10 dias antes da semeadura.

A adubação do solo, feita com base na análise de solo, indicou a aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N, 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 40 kg ha⁻¹ de K₂O para as duas áreas experimentais, sendo quantificada com base nas recomendações da COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC (CQFS – RS/SC, 2004).

Após a primeira gradagem, foi realizada a adubação a lanço, colocando-se 90% da adubação de P_2O_5 e K_2O , e feita uma nova gradagem para a incorporação do adubo. As fileiras de cultivo foram demarcadas através de sulcos superficiais, espaçadas 0,9 m entre si, sendo colocado o restante da adubação de P_2O_5 e K_2O , 10 kg de N ha^{-1} na forma de uréia e Bórax na quantidade de 10,22 kg ha^{-1} . Após essa adubação, foi realizada a semeadura dos aquênios de girassol na profundidade de 0,03 m, utilizando 0,25 m de distância entre plantas na fileira.

A adubação de cobertura foi realizada aos 30 dias após a emergência (DAE) quando as plantas apresentavam em torno de 10 folhas, sendo aplicados 50 kg de N ha^{-1} junto as fileiras das plantas e incorporados manualmente com enxada.

3.2 Controle de plantas daninhas, pragas e doenças

O controle de plantas daninhas nos experimentos foi realizado através de capina manual. As pragas identificadas na área foram vaquinha (*Diabrotica speciosa* Germar) e lagartas (*Chlosyne lacinia saundersii* Doubladey). O controle dessas pragas foi realizado sempre que necessário com base nas recomendações técnicas para o girassol (EMBRAPA, 2009). Os capítulos de girassol foram ensacados quando alcançaram o estágio R8, para evitar os danos por pássaros, para o que foram utilizadas embalagens de rafia para 5 kg, fabricadas em Santa Maria para a comercialização de batata.

Com relação às doenças, nos dois experimentos verificou-se a ocorrência de mancha de alternaria (*Alternaria helianthi*) e septoriose (*Septoria helianthi*) em toda a área de cultivo. O controle de mancha de alternaria e septoriose foi realizado com aplicação de fungicida, com exceção das testemunhas. Os fungicidas utilizados no experimento de safra foram procimidone (Sumilex - 1,5 kg ha^{-1} do produto comercial) e clorotalonil (Daconil - 2,0 kg ha^{-1} do produto comercial), sendo o primeiro sistêmico e o segundo de contato. No experimento de safrinha, o fungicida sistêmico utilizado foi a piraclostrobina + metiram (Cabrio Top - 3,0 kg ha^{-1} do produto comercial) e o de contato o clorotalonil (Daconil - 2,0 kg ha^{-1} do produto comercial), conforme recomendações do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2009). Aos 37 dias após a emergência das plantas (DAE) na primavera e aos 35 DAE na época de verão/outono (safrinha), foi feita uma aplicação de clorotalonil em todos os tratamentos com aplicação de fungicida, pois em todos eles o acúmulo de valores de

severidade havia ultrapassado a respectiva cifra prevista e porque o sistema FAST preconiza a não aplicação de fungicidas antes dos 35 DAE. A partir de então, os produtos sistêmicos e os de contato foram aplicados de forma alternada, observando-se o acúmulo dos valores de severidade previsto para cada tratamento. A aplicação foi realizada com um pulverizador costal de 10 litros de capacidade, ao qual foi acoplado um bico de pulverização do tipo cone vazio.

3.3 Delineamento experimental e tratamentos

Foram utilizados doze tratamentos arranjados no delineamento inteiramente casualizado esquema parcelas subdivididas, com quatro repetições. Cada repetição era constituída por uma parcela composta por cinco fileiras de plantas, com 5,0 m de comprimento e 4,5 m de largura, equivalendo a uma área de 22,5 m². Para evitar a interferência entre parcelas, as fileiras de divisa com cada parcela lateral foram consideradas como bordadura. Em algumas parcelas, devido a falhas na emergência de plantas, foram demarcadas áreas menores como parcela útil, de modo que de cada parcela foram avaliadas 10 plantas, corrigindo-se a produção para obter a produtividade correspondente. As plantas foram demarcadas em grupos para que tanto ao lado da fileira quanto na frente da fileira houvesse plantas que serviam de bordadura.

O sistema de previsão de doenças no girassol avaliado baseou-se no FAST, conforme Madden et al. (1978), sendo os tratamentos programados conforme o acúmulo dos valores de severidade. No sistema FAST são consideradas as variáveis meteorológicas temperatura do ar e a duração do período de molhamento foliar ou o tempo em que a umidade relativa do ar foi maior do que 90%, ambas medidas a 1,5 m do nível do solo. Os valores de severidade foram calculados e acumulados diariamente com base nas classes de temperatura média do ar durante os períodos contínuos de acúmulo de horas com umidade relativa do ar maior ou igual a 90%, sendo os critérios utilizados para o cálculo apresentados na tabela 1.

Conforme os critérios do sistema FAST, a primeira aplicação foi realizada quando foram alcançados os valores de severidade acumulados para cada tratamento e somente a partir dos 35 DAE. Após este período as aplicações eram realizadas no momento em que os respectivos valores de severidade do tratamento foram alcançados e iniciava-se uma nova contagem.

Tabela 1 - Valores de severidade de doença (VS) como função da duração do período de molhamento foliar e da temperatura média do ar durante esse período.

TEMPERATURA (°C)	VALORES DESEVERIDADE (VS)				
	0	1	2	3	4
13,0 – 17,5	0 – 6h*	7 – 15h*	16 – 20h*	≥21h*	
17,6 – 20,5	0 – 3h*	4 – 8h*	9 – 15h*	16 – 22h*	≥23h*
20,6 – 25,5	0 – 2h*	3 – 5h*	6 – 12h*	13 – 20h*	≥21h*
25,6 – 29,5	0 – 3h*	4 – 8h*	9 – 15h*	16 – 22h*	≥23h*

Fonte: Madden *et al.* (1978); *Duração do período de molhamento foliar

Os tratamentos para os experimentos da safra de 2007 e safrinha de 2008, foram constituídos pelos dois genótipos (Hélio 358 e Aguará 03), e pelos esquemas de aplicação de fungicida, definidos com base no sistema de previsão (FAST) que variaram conforme os VS acumulados e a testemunha, com alguns tratamentos apresentando também a irrigação suplementar (Tabela 2). Os VS acumulados foram definidos para cada tratamento com base no sistema FAST feito para a mancha de alternaria na cultura do tomate (MADDEN *et al.*, 1978). Quando eram atingidos os VS do respectivo tratamento, realizava-se a aplicação de fungicida e a contagem do acúmulo era reiniciado. Por exemplo, no tratamento FAST 16 significa que a aplicação de fungicida sempre era realizada quando acumulava 16 VS.

Tabela 2 - Esquemas para a decisão de aplicação de fungicida em híbridos de girassol, utilizando diversos valores acumulados de severidade (VS), calculados pelo sistema FAST.

Tratamento	Esquema	VS	Descrição
HLTEST	TEST	-	Testemunha para o híbrido Hélio 358
HLFAST16	FAST16	16	FAST16 para o híbrido Hélio 358
HLFAST22	FAST22	22	FAST22 para o híbrido Hélio 358
HLFAST28	FAST28	28	FAST28 para o híbrido Hélio 358
HLFAST16IRR	FAST16IRR	16	FAST16 para o híbrido Hélio 358 com irrigação
HLTESTIRR	TESTIRR	-	Híbrido Hélio 358 com irrigação, sem fungicidas
AGTEST	TEST	-	Testemunha para o híbrido Aguará 03
AGFAST16	FAST16	16	FAST16 para o híbrido Aguará 03
AGFAST22	FAST22	22	FAST22 para o híbrido Aguará 03
AGFAST28	FAST28	28	FAST28 para o híbrido Aguará 03
AGFAST16IRR	FAST16IRR	16	FAST16 para o híbrido Aguará 03 com irrigação
AGTESTIRR	TESTIRR	-	Híbrido Aguará 03 com irrigação, sem fungicidas

3.4 Irrigação

A irrigação das plantas dos tratamentos em que havia manutenção de alta disponibilidade de água no solo foi realizada conforme a evapotranspiração máxima da cultura (ET_m) para o girassol, calculada pela equação:

$$ET_m = K_c ETo \quad (1)$$

em que, K_c é o coeficiente de cultura, obtido na literatura, conforme tabela 3 (DOORENBOS; KASSAM, 1979), e ETo é a evapotranspiração de referência, determinada pelo método de Penman Monteith (ETo) determinada através da equação 2.

A irrigação foi realizada através de aspersores marca Agrojet P5 RB c/ rosca ½', vazão de 200Lh⁻¹, espaçados de 5 m x 4,5 m, quantificada em 100% da ETm. Para definir o momento da irrigação foi utilizada a Capacidade de Armazenamento do Solo (CAD), para o solo da unidade de mapeamento São Pedro até a profundidade de 50 cm, que é de 39 mm (CARDOSO, 2005). Para o girassol a fração (p) da fração de água disponível para as plantas (FAD) é de 0,45 da CAD. Dessa forma, a cada 17,5 mm de ETm acumulados (ETmac) foi realizada uma irrigação.

Tabela 3 - Valores de coeficiente de cultura (Kc) para diferentes estágios de desenvolvimento do girassol.

Estágios de desenvolvimento	(I)*	(II)	(III)	(IV)	(V)
Kc	0,30-0,40	0,70-0,80	1,00-1,20	0,70-0,80	0,35-0,45

* Estádio I – emergência até 10% da cobertura da superfície do solo (CSS)

Estádio II – 10 até 80% da CSS

Estádio III – 80 até 100% da CSS

Estádio IV – maturação fisiológica

Estádio V – colheita.

Fonte: Doorenbos e Kassam (1979)

3.5 Variáveis meteorológicas

Para a obtenção das variáveis meteorológicas foram utilizados uma estação automática, marca Davis e um aquisitor eletrônico de dados (datalogger) com entrada para 4 canais digitais e 30 canais analógicos. Os sensores acoplados ao datalogger e a estação automática foram instalados no centro da área experimental.

Com a estação automática foram medidas as variáveis: tempo de molhamento foliar (MF) a 0,5 h, sendo h a altura média das plantas; temperatura do ar (T, °C); umidade relativa do ar (UR, %) e densidade de fluxo de radiação solar incidente sobre o dossel de plantas (Rg, W m⁻² min⁻¹), medidos a 1,5 m acima do nível do solo e a velocidade do vento (U₂, m s⁻¹), medida a 2 m de altura. Os dados coletados pela estação automática foram armazenados em intervalos de 10 minutos. Os dados de precipitação pluvial (mm) utilizados nesse experimento foram obtidos da estação meteorológica principal de Santa Maria, pertencente ao 8°DISME/INMET/MA.

O datalogger foi instalado entre duas fileiras de plantas no centro da área de abrangência dos sensores. O datalogger e uma bateria foram acomodados em uma caixa de isopor coberta com filme plástico para evitar a entrada de água da chuva. Os dados foram coletados e armazenados com a frequência de 1,0 segundo e os valores médios ou acumulados armazenados para períodos de 10 minutos.

O banco de dados para o cálculo da ETo diária foi formado por valores médios diários de temperatura do ar, umidade relativa do ar, densidade de fluxo de radiação solar incidente velocidade do vento a 2 m de altura e total diário de precipitação. Os dados para o cálculo da umidade do ar foram obtidos do psicrômetro na altura de 1,5 m do nível do solo e calculados pelas equações 6, 7 e 8.

A evapotranspiração de referência (ETo, em mm.dia⁻¹) foi estimada pelo método de Penman-Monteith, conforme Pereira et al. (1997), desconsiderando-se o fluxo de calor no solo (G≅0):

$$E_{To} = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma^*} (R_n) \frac{1}{\lambda} + \frac{\gamma 900}{(\Delta + \gamma^*) (T_m + 275)} U_2 d \quad (2)$$

em que,

Δ é a declividade da tangente à curva de pressão de saturação do vapor d'água do ar para a temperatura média diária do ar T_m (kPa °C⁻¹), γ é a constante psicrométrica (0,0662 kPa °C⁻¹), γ^* é a constante psicrométrica modificada (kPa °C⁻¹), λ é o calor latente de evaporação (2,45 MJ kg⁻¹), U_2 a velocidade média diária do vento a 2,0 m acima do nível do solo (m s⁻¹), d é o déficit de saturação do ar (kPa) e T_m é a temperatura média diária do ar (°C). Para o cálculo de Δ e de γ^* foram utilizadas, as equações 3 (Allen et al., 1998):

$$\Delta = \frac{4908 e_s}{(T_m + 237,3)^2} \quad (3)$$

e 4 (Pereira et al., 1997),

$$\gamma^* = \gamma \left(1 + \frac{rc}{ra} \right) \quad (4)$$

em que,

r_c é a resistência da vegetação de referência ($s\ m^{-1}$) e r_a a resistência aerodinâmica ao transporte de vapor d'água ($s\ m^{-1}$). Para o cálculo da razão $r_c r_a^{-1}$, adotou-se o critério sugerido por Pereira et al. (1997), em função da velocidade do vento ($r_c r_a^{-1} = 0,11$ para $U_2 < 1,1\ m\ s^{-1}$ e $r_c r_a^{-1} = -1,67 + 1,67 U_2$ para $U_2 \geq 1,11\ m\ s^{-1}$). Para o cálculo do saldo de radiação (R_n), foi utilizada a equação de Brunt-Penman, conforme a equação a seguir:

$$R_n = (R_g * 0,77) - 4,734883 * 10^{-9} * [(T_m + 273)^4] * (0,56 - 0,09\sqrt{e}) * \left[0,1 + 0,9 \left(\frac{R_g}{K_o \downarrow} \right) \right] \quad (5)$$

em que,

0,77 é resultado de $1,0 - r$, sendo $r (=0,23)$ a refletividade da superfície de referência; $4,734883 \cdot 10^{-9} = \epsilon \sigma$, é o produto da emissividade (ϵ) pela constante de Stefan-Boltzman para períodos diários (σ) em $MJ\ m^{-2}\ dia^{-1}$, e é a pressão parcial de vapor (kPa); T_m é a temperatura absoluta do ar ($^{\circ}C$), R_g é radiação solar global incidente transformada para $MJ\ m^{-2}\ dia^{-1}$, $K_o \downarrow$ é radiação solar extraterrestre diária estimada para Santa Maria conforme Estefanel et al. (1990), sendo a relação $R_g/K_o \downarrow$ utilizada em substituição à razão de insolação.

Após o cálculo diário da ET_o e ET_m , realizou-se o somatório da ET_{mac} , para assim determinar o momento da irrigação. Esse momento foi definido como sendo o dia em que a ET_{mac} atingisse 18 mm. O volume de precipitação foi descontado da ET_{mac} para considerar a reposição de água no solo, quando a precipitação foi maior que a ET_{mac} zerou-se a contagem. No entanto, em razão das condições meteorológicas, principalmente vento, naquele dia por vezes não foi possível a aplicação do volume total de água, devido à deriva para parcelas adjacentes que não recebiam irrigação. Para evitar que isso ocorresse, o cálculo da ET_{mac} foi continuado e a irrigação realizada tão logo as condições de vento fossem mais adequadas. Desse modo, a velocidade do vento foi um fator limitante para a realização da irrigação, sendo possível na maioria das vezes realizá-la ao entardecer, quando a velocidade do vento geralmente era menor. Utilizaram-se micro-aspersores, que possuem menor raio de abrangência e um tamanho de gota relativamente pequeno, obtendo-se maior homogeneidade de distribuição de água.

Foram instalados pares psicrométricos construídos com sensores de resistência elétrica de platina (Pt-100) para a coleta dos dados de temperatura do ar, com termômetro de bulbo seco (T_s) termômetro de bulbo úmido (T_w), sendo armazenados valores médios de cada período de 10 minutos no datalogger. Os sensores que formavam o par psicrométrico estavam

distanciados 0,10 m entre si e alojados em miniabrigos de PVC com ventilação natural. Na instalação os sensores foram alinhados na direção Norte-Sul, com a extremidade aberta do miniabrigo voltada para o quadrante Sul para evitar a incidência direta de radiação solar no interior do miniabrigo. Os miniabrigos foram recobertos com folhas de alumínio, para maximizar a reflexão da radiação solar e terrestre e diminuir o aquecimento dos miniabrigos. Para monitorar os perfis de temperatura, de umidade relativa do ar e de temperatura do ponto de orvalho foram montadas torres com pares psicrométricos em quatro níveis do dossel das plantas 0,20 m, 0,80 m, 1,5 m e 2,20 m acima da superfície do solo. Além dessas, foram instaladas mais duas repetições de psicrômetros nos níveis de 0,5 h e 1,0 h, sendo (h) a altura de plantas. Os dados nas diferentes repetições foram agrupados em médias calculadas para cada nível. A partir da média dos valores de temperatura do bulbo seco (T_s) e temperatura do bulbo úmido (T_w) foram calculados os valores de pressão de saturação de vapor de ar (e_s) em hPa (eq.6), a pressão parcial de vapor do ar (e) em hPa (eq. 7) e a umidade relativa do ar (UR) em % (eq. 8), nos diferentes níveis.

$$e_s = 6,107 \exp^{[17,2694T_s / (T_s + 237,3)]} \quad (6)$$

$$e = 6,107 \exp^{[17,2694T_w / (T_w + 237,3)]} - 0,66 (T_s - T_w) \quad (7)$$

$$UR = 100e/e_s \quad (8)$$

O saldo de radiação sobre o dossel de girassol foi medido em duas repetições de saldo-radiômetros não ventilados instalados a 0,5 m acima da cultura (1 h+0,5 m) de modo que as partes sensíveis ficassem posicionadas sobre as plantas na fileira de plantio. Para evitar a condensação de gotículas no interior da cúpula do saldo-radiômetro, periodicamente foram substituídas as sílicas usadas para a absorção de umidade no interior do equipamento. Os saldo-radiômetros foram acoplados ao datalogger, sendo armazenados valores integrados para períodos de 10 minutos.

O molhamento da superfície foliar foi registrado continuamente nos níveis 0,5h (2 repetições) e 1,0h (3 repetições), com sensores do tipo pente, construídos com fio de aço inoxidável não endurecido, e configuração eletrônica, conforme Heldwein (1993). Os sensores de molhamento também foram acoplados ao datalogger, que armazenava valores correspondentes a períodos de 10 minutos.

3.6 Determinações fenológicas

Durante todo o ciclo de cultivo foi realizado o acompanhamento fenológico da cultura de girassol, obedecendo os critérios de Schneiter e Miller, (1981) e Fagundes et al. (2007). A data da emergência foi considerada quando 50% das plantas estavam com os cotilédones abertos acima da superfície do solo. O número de folhas visíveis na haste principal foi contado uma vez por semana em uma planta por parcela marcada com arame colorido, escolhida aleatoriamente na linha central de cada parcela logo após a emergência de todas as plantas. Uma folha visível foi considerada quando o comprimento do limbo folhar era de no mínimo 4 cm (FAGUNDES et al., 2007). Nessa mesma planta por parcela foi verificada a data dos estágios R1, R2, R5.1, R6, e R9 descritos por Schneiter e Miller (1981).

3.7 Determinações fenométricas

Após a emergência, em cada parcela foi marcada uma planta de girassol aleatoriamente de modo que essa planta representasse a condição de cada parcela. Semanalmente foram realizadas medições da altura de plantas (AP) e a largura (L) de todas as folhas das plantas marcadas. Depois das realizações das medições, calculou-se a área de cada folha com a equação 9 para os dois genótipos. Essa equação foi determinada no decorrer dos experimentos.

$$AF = 1,7582L^{1,7069} \quad (9)$$

em que,

AF é a área foliar em cm^2 , L a largura máxima das folhas em cm. A área foliar total de cada planta foi obtida pela soma da AF de todas as folhas individuais. Com área foliar total de cada planta (AFt) calculou-se o índice de área foliar (IAF) conforme a equação abaixo:

$$IAF = (AFt \times 0,0001 / Ef \times Ep) \quad (10)$$

em que,

IAF é o índice de área foliar, Ef é o espaçamento entre fileiras (m) e Ep é o espaçamento entre plantas (m). Para os demais dias do intervalo, o IAF foi interpolado em função dos dias após a emergência (DAE).

3.8 Observações de progresso da doença

A verificação da acurácia do sistema de previsão de ocorrência de doenças em girassol por meio das variáveis meteorológicas, foi realizada através de observações de severidade da doença, que é um método direto de avaliação de sintomas.

A partir da severidade, determinada utilizando a chave diagramática descrita por Leite e Amorim (2002b) (ANEXO A), determinou-se a porcentagem da área de tecido doente, ou seja, área com sintomas e/ou sinais visíveis. As observações do progresso da doença foram realizadas avaliando-se a severidade dos sintomas da doença em três plantas por parcela, sendo que cada planta marcada na parcela foi dividida em três níveis, superior, médio e inferior. A média dos três extratos da planta representou a média de cada planta, e a média das três plantas representou a média da parcela. A média de cada tratamento foi constituída da média das quatro parcelas do tratamento. No experimento de primavera de 2007, as observações de severidade foram realizadas aos 41, 48, 55, 61, 69, 75, 83, 93 e 100 DAE. No experimento de outono de 2008, as observações de severidade foram realizadas aos 23, 28, 41, 49, 55, 63, 70, 77, 84 e 90 DAE. Para a avaliação estatística da severidade observada (SVO) foram considerados os valores de severidade dos 93 DAE para a safra e 84 DAE para a safrinha.

Após a obtenção dos dados médios de severidade observada nas plantas marcadas, foi calculada a duração de área foliar sadia (DAFS), obtida através da integração do índice de área foliar sadia. Calculou-se também a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), obtida a partir da integração das curvas de progresso da doença. A AACPD e DAFS foram calculadas conforme descrito por Campbell e Madden (1990):

$$AACPD = \sum_i^{n-1} \left(\frac{x_i + x_{i+1}}{2} \right) (t_{i+1} - t_i) \quad (11)$$

onde, n é o número de avaliações, x é a proporção de doença e $(t_{i-1} - t_i)$ é o intervalo de avaliações consecutivas.

$$DAFS = \sum_{i=1}^{n_0-1} \{0,5[IAF_i(1-x_i) + IAF_{i+1}(1-x_{i+1})]\}(t_{i+1} - t_i) \quad (12)$$

onde,

IAF_i é o índice de área foliar no tempo t_i e x_i representa o tecido doente, considerando a lesão visual no tempo t_i .

Foram feitas regressões lineares entre as variáveis severidade, AACPD e DAFS com a produtividade da cultura. Os resultados obtidos nos diferentes tratamentos foram submetidos a análise de variância pelo teste F e a diferença entre as médias foram comparadas pelo teste Scott Knott ao nível de 5% de probabilidade de erro. Para a análise estatística os dados de severidade foram transformados em $\arcsen(x/100)^{0,5}$.

Em ambos os experimentos não foram realizadas inoculações artificiais de *Alternaria helianthi* e *Septoria helianthi*, sendo que a infecção dos patógenos ocorreu naturalmente em ambos os cultivos de girassol.

3.9 Colheita e determinação dos componentes de produtividade

No final do ciclo da cultura, quando o girassol estava no estágio de R8, os capítulos de girassol foram ensacados com sacos de batata para evitar o dano por pássaros. No momento em que os capítulos estavam secos foi realizada sua colheita manual colocando-os em sacos com identificação de cada parcela experimental e levando-os para um galpão. Após a colheita, foi realizada a debulha manual dos capítulos e medido o diâmetro de cada capítulo. Determinou-se também o peso de 1000 aquênios e para cada parcela, no experimento de safra, foram contados os grãos chochos de três capítulos, sendo feita a média dos três para compor a média da parcela. Após, precedeu-se a pesagem dos aquênios de cada capítulo. A partir desses dados foi determinada a produtividade da cultura por parcela e por tratamento.

Os resultados obtidos nos diferentes tratamentos foram submetidos a análise da variância pelo teste F e a diferença entre as médias foi comparada pelo teste Scott Knott a 5%

de probabilidade de erro. Para a análise estatística os percentuais de grãos chochos foram transformados em $\arcsen (x/100)^{0,5}$.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização fenométrica dos genótipos

Os genótipos utilizados apresentaram características fenométricas diferentes nos dois experimentos (Figura 1). No experimento de safra, o IAF máximo foi de 3,46 aos 63 DAE para o genótipo Hélio 358 e 4,25 aos 69 DAE para o genótipo Aguará 03 (Figura 1A). A partir desse período, o IAF começou seu decréscimo devido à senescência natural das folhas basais, em função do sombreamento causado pelas folhas, caules e capítulos em formação na parte superior da parte aérea das plantas de girassol. O genótipo Aguará 03 emitiu maior número de folhas (NF) e apresentou maior estatura de planta (EP) que o genótipo Hélio 358 (Figura 1C e 1E). O máximo NF foi de 29 aos 57 DAE e 27 aos 49 DAE para os genótipos Aguará 03 e Hélio 358, respectivamente. A máxima EP foi de 181,75 cm para o genótipo Aguará 03, observada aos 77 DAE e para o genótipo Hélio 358, a máxima EP, de 143,5 cm, ocorreu aos 86 DAE.

No experimento de safrinha, o IAF máximo para o genótipo Hélio 358 foi de 2,62 aos 42 DAE e para o genótipo Aguará 03, alcançou 3,97 aos 54 DAE (Figura 1B). Observa-se que o genótipo Hélio 358 apresenta uma redução no IAF a partir dos 42 DAE, o que pode estar relacionado ao período de precipitação abundante e à redução da Rg dos 29 aos 35 DAE (Figura 3B) e, principalmente, à ocorrência de doenças. A severidade observada era de 4% aos 28 DAE e aumentou para 15% aos 41 DAE (Figura 6A). A maior incidência de mancha de alternaria e septoriose provavelmente foi consequência das condições favoráveis de UR>90% e temperatura do ar próxima dos 20°C (Figura 2) no período dos 29 aos 35 DAE. Como a mancha de alternaria e a septoriose incidem primeiro nas folhas do terço inferior das plantas de girassol, essas senesceram diminuindo o IAF, o que foi mais acentuado no genótipo Hélio 358, que diminuiu o número de folhas a partir dos 34 DAE. O maior NF ocorreu aos 34 DAE para ambos os genótipos, alcançando 26 e 24 folhas para os genótipos Hélio 358 e Aguará 03, respectivamente (Figura 1D), mas devido às doenças, aos 54 DAE o genótipo Hélio 358 já havia reduzido o NF para 20 unidades. A EP foi maior para o genótipo Aguará 03 do que para o genótipo Hélio 358, medindo-se o valor máximo 178 cm e 159 cm, respectivamente, aos 86 DAE para ambos os genótipos (Figura 1F).

Em ambos os genótipos, obtiveram-se maiores IAF, NF e EP no experimento de primavera. Esse crescimento diferenciado das plantas nos dois experimentos está associado à

época de cultivo, uma vez que no experimento de safrinha a radiação solar incidente (R_g) e a temperatura do ar diminuíram no decorrer do ciclo das plantas. Como a radiação solar foi mais elevada no início do ciclo de desenvolvimento das plantas, estas, por sua vez, interceptaram pouca radiação devido ao seu IAF ser pequeno. No momento em que as plantas de girassol apresentavam seu IAF máximo (42 e 54 DAE), a radiação solar já se apresentava em diminuição (Figura 3). Outra constatação foi de que o genótipo Aguará 03, mesmo diminuindo o NF aos 54 DAE (Figura 1D), não diminuiu o IAF (Figura 1B). Isso, provavelmente, foi devido às folhas superiores das plantas desse genótipo terem apresentado um crescimento rápido, compensando as folhas baixas que senesceram devido à maior incidência de doenças.

No experimento de safra ocorreu o contrário, tanto a R_g quanto a temperatura aumentaram no decorrer do ciclo da cultura. Por isso, a maior disponibilidade de R_g coincidiu com um alto IAF da cultura do girassol, obtendo-se, assim, uma maior interceptação de radiação solar. Consequentemente, ocorreu maior crescimento da cultura refletindo em maior produtividade de aquênios de girassol.

Comparando os dois genótipos, observaram-se maiores IAF, NF e EP para o genótipo Aguará 03 no experimento de safra, o que pode formar um microclima mais úmido devido ao maior fechamento do dossel. A maior umidade, gerada pela menor aeração no espaço aéreo entre as plantas, favorece a ocorrência de mancha de alternaria e septoriose na cultura do girassol. No experimento de safrinha, o genótipo Aguará 03 apresentou maior IAF e EP, mas NF similar em relação ao genótipo Hélio 358. Esse resultado pode ser devido ao genótipo Aguará 03 apresentar folhas maiores. Esse ponto também deve ser associado à ocorrência de doenças, visto que, quando as folhas são menores, a secagem é mais rápida em função da menor camada limite (HELDWEIN, 1993), o que desfavorece a ocorrência de mancha de alternaria e septoriose. Por outro lado, uma planta com maior IAF intercepta mais radiação solar, o que pode resultar em maior produtividade da cultura.

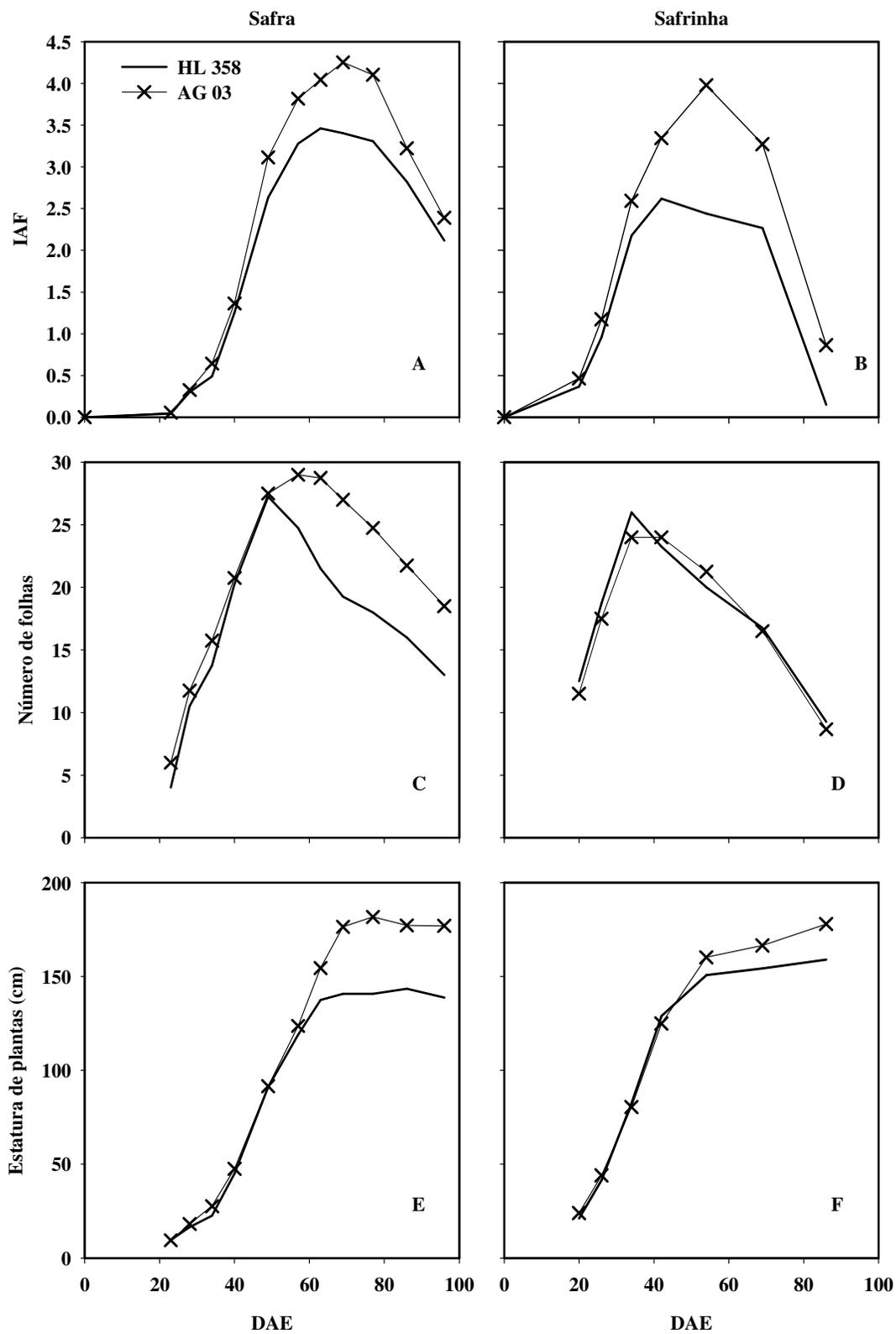


Figura 1 - Índice de área foliar (IAF), número de folhas (NF) e estatura das plantas (EP) de dois genótipos de girassol, Hélio 358 e Aguarã 03, na safra de 2007 (A, C e E) e safrinha de 2008 (B, D e F) em função do número de dias após a emergência (DAE).

4.2 Sistema de previsão e os fatores ambientais

Períodos com mais de 12h de molhamento foliar ou umidade relativa do ar (UR) maior que 90% e a temperatura mínima maior que 13°C são favoráveis ao desenvolvimento de mancha de alternaria em girassol (LEITE; AMORIN, 2002a). Nos experimentos de safra e safrinha ocorreram, respectivamente, 45 e 42 dias com UR>90%, os quais foram utilizados no sistema FAST para obtenção dos VS. Outra verificação para o experimento de safra de 2007 foi que a temperatura do ar se manteve acima de 13°C na maior parte do ciclo do girassol, quando a umidade relativa do ar foi maior que 90% (UR>90%) ocorreram, assim, dias favoráveis à manifestação da doença mencionada. No entanto, levando-se em consideração que a temperatura ótima para o desenvolvimento de mancha de alternaria é 25°C e que a temperatura durante o experimento não ultrapassou 23,6°C nos dias com UR>90%, pode-se concluir que, no experimento de safra de 2007, a infecção não foi demasiadamente pronunciada devido à temperatura estar abaixo da temperatura ótima para o desenvolvimento da doença.

No experimento de safrinha de 2008 a temperatura do ar nos dias com UR>90% foi acima de 13°C em 58 dias, sendo que também em nenhum dia com UR>90% observou-se temperatura média maior que 25°C. Esse fato pode ter contribuído para uma menor ocorrência de mancha alternaria e a maior ocorrência de septoriose na safrinha.

A precipitação acumulada a partir da emergência das plantas de girassol no experimento de safra foi de 633,8 mm, sendo bem distribuída em termos de número de precipitações no decorrer do ciclo da cultura (Figura 3), porém concentrada em três eventos chuvosos: no início do ciclo (dos 6 aos 12 DAE), dos 48 aos 51 DAE e na maturação fisiológica (dos 106 aos 111 DAE). Os períodos mais prolongados sem precipitação no experimento de safra foram de 9 dias, em dois momentos do ciclo da cultura do girassol: dos 54 aos 62 DAE e dos 75 aos 83 DAE, havendo certa escassez de chuva dos 54 aos 103 DAE, período em que ocorreram apenas 86,4 mm. A radiação solar global (Rg) apresentou a tendência de se elevar até o final do ciclo, porém apresentou grandes flutuações em função da variação da nebulosidade (Figura 3). Dos 22 aos 34 DAE apresentou valores baixos de Rg, mas aos 35 DAE alcançou um valor elevado de 29,8 MJ m⁻² dia⁻¹, ficando na maioria dos dias acima dos 20,0 MJ m⁻² dia⁻¹ até o final do ciclo da cultura (Figura 3). O pico máximo de Rg foi de 30,6 MJ m⁻² dia⁻¹ aos 91 DAE e o mínimo de 2,2 MJ m⁻² dia⁻¹ aos 47 DAE.

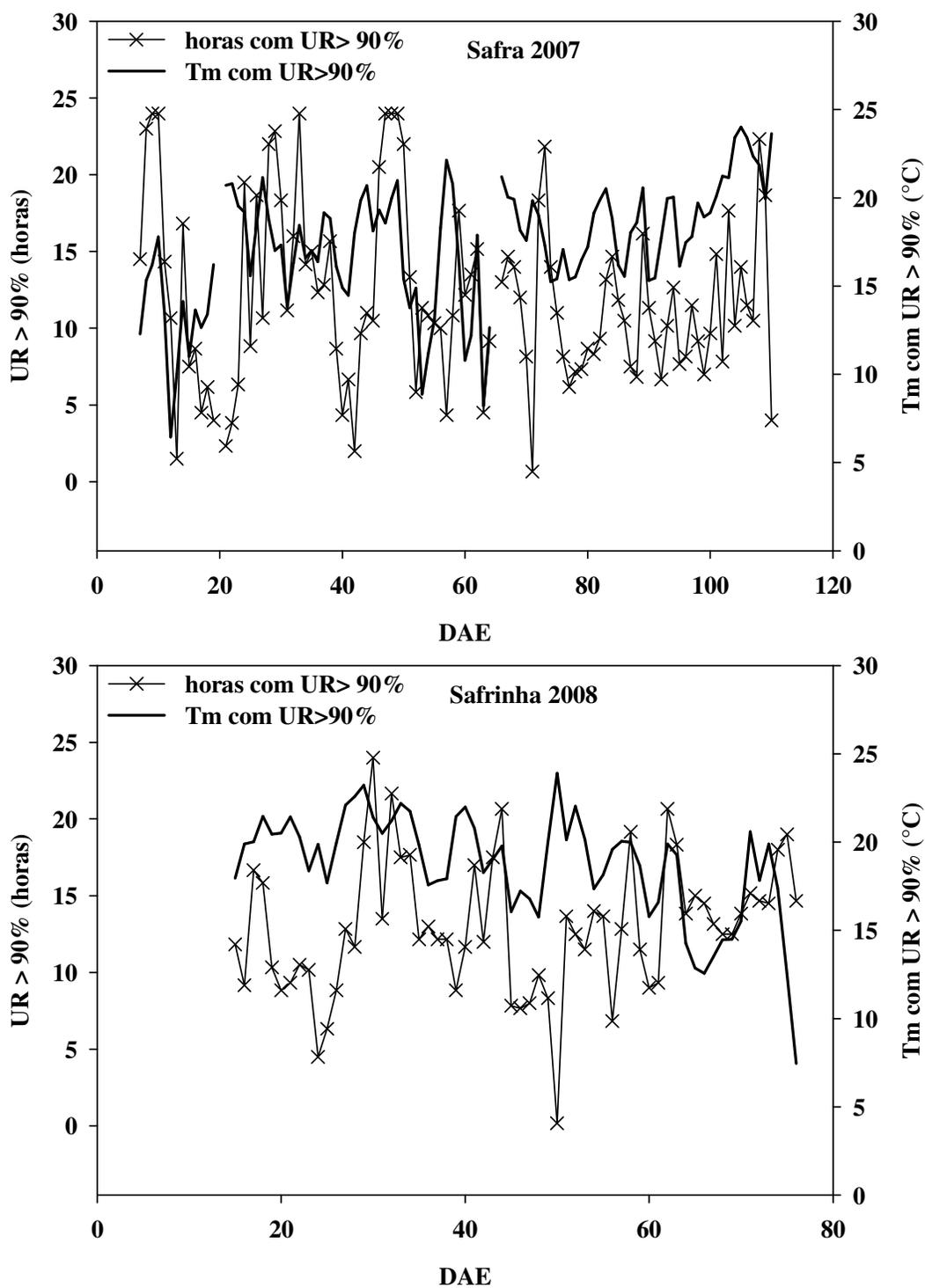


Figura 2 - Período de tempo em horas com umidade relativa do ar acima de 90% (UR > 90%) e temperatura média do ar (Tm) nos períodos com UR > 90% utilizados pelo sistema FAST durante a safra de 2007 e a safrinha de 2008, para os genótipos Hélio 358 e Aguará 03, em função dos dias após a emergência (DAE).

No experimento de safrinha a precipitação acumulada desde a emergência até a colheita das plantas de girassol foi de 366,5 mm, ocorrendo 53% da mesma até os 35 DAE e 32,7% da mesma dos 30 aos 33 DAE (120 mm), que foi o único evento de excedente hídrico significativo. Os períodos mais longos sem precipitação ocorreram dos 18 aos 28 DAE e dos 43 aos 52 DAE (Figura 3), porém não produziram deficiência hídrica drástica para as plantas de girassol. O pico máximo de Rg foi de 26,83 MJ m⁻² dia⁻¹ aos 24 DAE, mantendo a tendência de redução até o final do ciclo do girassol (\approx 5 a 15 MJ m⁻² dia⁻¹), uma vez que os dias são mais curtos devido à proximidade do solstício de inverno.

4.3 Ocorrência de mancha de alternaria e septoriose e sua relação com os genótipos e os esquemas de aplicação de fungicidas

O uso do sistema de previsão FAST preconizou uma aplicação a mais de fungicida na safra em relação à safrinha, exceto para o tratamento Fast 28 (Tabela 4). Este fato pode estar associado ao ciclo mais longo do girassol na safra e com isso o início do florescimento ser mais tarde, expondo a planta a um acúmulo maior de valores de severidade na fase vegetativa. Assim, em alguns tratamentos foi realizada uma aplicação a mais de fungicida na safra de 2007.

Tabela 4 - Esquemas de aplicação e momentos de aplicação de fungicida no girassol, em dias após a emergência (DAE), nos cultivos da safra de 2007 e safrinha de 2008, para os genótipos Hélio 358 e Aguará 03.

Esquemas de aplicação	Momentos de aplicação (em DAE)				
	Safra de 2007			Safrinha de 2008	
	1°	2°	3°	1°	2°
FAST 16	37	49	65	35	44
FAST 22	37	50	67	35	47
FAST28	37	52	-	35	54
FAST 16 IRR	37	49	65	35	44
Testemunhas	-	-	-	-	-

* Testemunha significa que não foi aplicado fungicida; os tratamentos Fast 16, 22 e 28 significam que para a aplicação de fungicida, os valores de severidade acumulados, segundo o sistema de previsão, foram iguais a 16, 22 e 28, respectivamente. O tratamento IRR FAST 16 significa irrigação e 16 valores de severidade acumulados para a aplicação de fungicida.

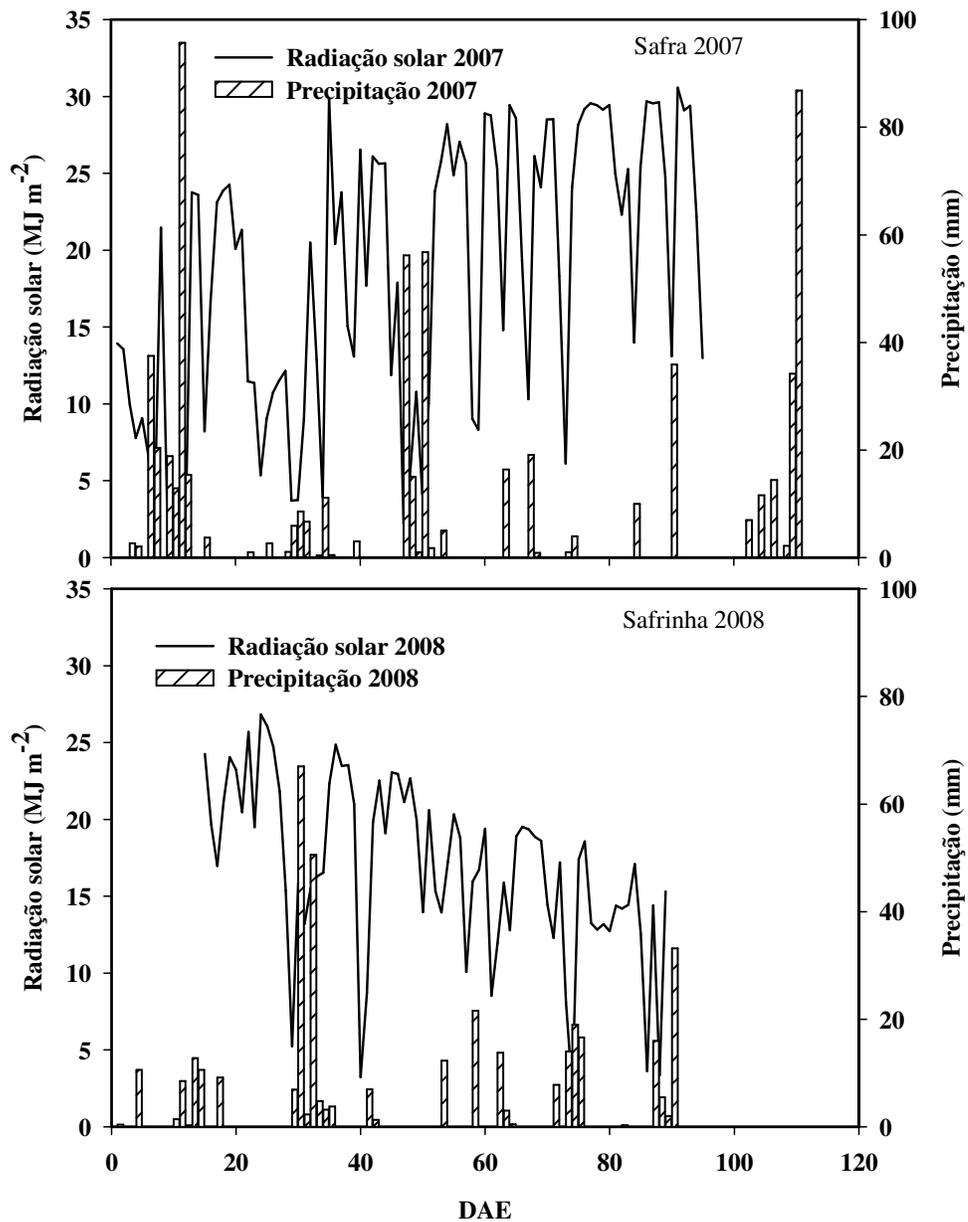


Figura 3 - Radiação solar incidente ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) e precipitação (mm dia^{-1}) ocorridas durante os cultivos de safrinha e safrinha do girassol em função do número de dias após a emergência (DAE).

Os resultados da evolução da severidade observada da mancha de alternaria e septoriose no decorrer do ciclo da cultura do girassol, analisados com as variáveis dias de área foliar sadia (DAFS), área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e severidade observada (SVO), são apresentados nas tabelas 5 a 8. A análise da variância para verificar a diferença entre tratamentos para os fatores genótipo e esquema de aplicação, obtida nos experimentos de safra de 2007 e safrinha de 2008, é apresentada nas tabelas 5 e 7, respectivamente.

Na análise de variância para o experimento de safra, considerando os dois fatores (genótipo e esquema de aplicação) observa-se que não houve interação significativa para as variáveis DAFS, AACPD e SVO (Tabela 5). Para a variável DAFS, o quadrado médio para o fator genótipo foi superior ao fator esquema de aplicação, mostrando que o genótipo tem mais influência que o esquema de aplicação sobre essa variável. Isso pode ser explicado pelo fato de que alguns genótipos são mais tolerantes que outros com relação às doenças: no caso, pode-se inferir que o genótipo Hélio 358 se mostrou mais tolerante que o genótipo Aguará 03. Para as variáveis AACPD e SVO, o quadrado médio obtido foi maior para o fator esquema de aplicação de fungicida do que para o fator genótipo, mostrando que o esquema de aplicação de fungicida tem mais influência sobre essas variáveis do que o fator genótipo.

Tabela 5 - Valores do quadrado médio da análise da variância para as variáveis dias de área foliar sadia (DAFS), área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e severidade observada (SVO) em 14/12/2007, para os genótipos Hélio 358 e Aguará 03 em diferentes tratamentos (esquemas) de aplicação de fungicidas, na safra de 2007.

Fonte de variação	Quadrado médio		
	DAFS	AACPD	SVO
Esquema de aplicação	168,24**	14492,92**	54,89**
Genótipo	23456,50**	5958,79	22,00**
Esquema de aplicação * Genótipo	32,27	15251,48	1,70
Coeficiente de variação (%)	4,74	19,48	6,44
Média geral	158,86	1033,34	27,93

** Significativo em nível de 5% de probabilidade de erro.

No fator genótipo, houve diferença estatística entre genótipos para as variáveis DAFS e SVO (Tabela 6), apresentando maior DAFS e SVO para o genótipo Hélio 358 em relação ao genótipo Aguará 03.

No fator esquema de aplicação, observa-se que os tratamentos com aplicação de fungicida não diferiram entre si, sendo que o tratamento com irrigação e aplicação de fungicida foi o que apresentou maior DAFS e menores AACPD e SVO. Já o tratamento com irrigação e sem aplicação de fungicida apresentou maior SVO e AACPD e menos DAFS do que o tratamento testemunha, somente diferindo deste, com relação à variável SVO (Tabela 6). Isso indica que a irrigação do girassol aumentou os sintomas de mancha de alternaria e septoriose, devido à presença de água livre sobre as folhas, que favoreceu a infecção por esses fungos. Portanto, os tratamentos mais eficientes em relação à diminuição dos sintomas de mancha de alternaria e septoriose para o experimento de safra foram os que usavam o FAST 16, mas não diferiram significativamente do FAST 22 e FAST 28, provavelmente porque a SVO foi alta apenas no final do ciclo. Nesse caso, o tratamento FAST 28 poderia ser recomendado para o controle de doenças em girassol, pois nele foi feita uma aplicação a menos de fungicida e mesmo assim não diferiu significativamente dos demais tratamentos com aplicação de fungicida, com relação às variáveis DAFS, AACPD e SVO. Esse fato é importante, pois uma aplicação a menos de fungicida implica em custos menores de produção e 33% menos aplicação de fungicida em relação ao tratamento FAST 16.

Na análise da variância para o experimento de safrinha, observa-se que não houve interação significativa para os fatores esquema de aplicação de fungicida e genótipo para as variáveis DAFS, AACPD e SVO (Tabela 7). Para as variáveis DAFS e SVO o maior quadrado médio foi obtido para o fator genótipo, indicando a maior influência desse fator do que o fator esquema de aplicação.

Tabela 6 – Dias de área foliar sadia (DAFS), área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e severidade observada (SVO) aos 93 DAE, para os fatores genótipo e esquema de aplicação de fungicida na safra de 2007.

Genótipo	DAFS	AACPD	SVO
Hélio 358	180,97a	1022,19a	29,14a
Aguará 03	136,75 b	1044,48a	26,73 b

Esquema de aplicação	DAFS	AACPD	SVO
TESTIRR	152,24 b	1227,60a	34,64a
TEST	154,81 b	1152,09a	30,15 b
FAST 28	158,70a	1048,09 b	27,36 c
FAST 22	161,25a	950,71 b	25,36 c
FAST 16	161,68a	939,71 b	24,04 c
IRRFAS 16	164,39a	881,75 b	26,03 c

Médias seguidas pela mesma letra, na vertical, para cada fator, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. FAST 16, FAST 22, FAST 28 = sistema de previsão FAST com 16, 22 e 28 valores de severidade, respectivamente; IRR FAST 16 = tratamento com irrigação e sistema de previsão FAST com 16 valores de severidade; TEST = testemunha; TESTIRR = testemunha com irrigação.

Houve diferença significativa para as variáveis DAFS e SVO, para os quais o genótipo Aguará 03 apresentou mais dias com área foliar sadia e com menores valores de severidade observada (Tabela 8). Esses dados do experimento de safrinha diferem dos dados obtidos no experimento de safra. Na safra de 2007, o genótipo com mais DAFS foi o Hélio 358 e no experimento de safrinha 2008 foi o Aguará 03.

Tabela 7 – Valores do quadrado médio da análise da variância para as variáveis dias de área foliar sadia (DAFS), área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e severidade observada (SVO) aos 84 DAE, para os genótipos Hélio 358 e Aguará 03 nos tratamentos na safrinha de 2008.

Fonte de variação	Quadrado médio		
	DAFS	AACPD	SVO
Esquema de aplicação	136,05**	259538,12**	113,80**
Genótipo	1820,28**	60389,80	301,40**
Esquema de aplicação * Genótipo	11,98	18692,17	17,61
Coeficiente de variação (%)	2,87	9,98	11,40
Média geral	118,73	1643,00	48,85

** Significativo a 5% de probabilidade de erro.

Para o fator esquema de aplicação, houve diferença significativa para as três variáveis analisadas. Na variável DAFS, os tratamentos que apresentaram menos dias de área foliar sadia foram a testemunha irrigada e a testemunha sem irrigação. O tratamento com melhor desempenho para a variável DAFS foi o FAST 28, não diferindo significativamente dos demais tratamentos com aplicação de fungicida. Uma explicação para esse resultado pode ser que no tratamento FAST 28 foi feita a última aplicação de fungicida sete dias após a aplicação do tratamento FAST 22 e 10 dias após o tratamento FAST 16. Assim, é possível que no tratamento FAST 28 o residual do fungicida foi mais prolongado, obtendo-se proteção por mais tempo durante o período reprodutivo do girassol do que nos demais tratamentos com aplicação de fungicida e, conseqüentemente, uma severidade observada baixa para esse tratamento.

Tabela 8 – Dias de área foliar sadia (DAFS), área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e severidade observada (SVO) aos 84 DAE, para os fatores genótipo e esquema de aplicação na safrinha de 2008.

Genótipo	DAFS	AACPD	SVO
Hélio 358	112,57 b	1678,47a	53,17a
Aguará 03	124,89a	1607,53a	44,53 b

Esquema de aplicação	DAFS	AACPD	SVO
TESTIRR	112,43 b	1897,17a	54,81a
TEST	115,22 b	1811,16a	56,82a
IRRFAS 16	118,64a	1670,03 b	51,54a
FAST 22	121,77a	1515,03 c	45,93b
FAST 16	121,96a	1490,03 c	42,44 b
FAST 28	122,38a	1473,16 c	41,54 b

Médias seguidas pela mesma letra, na vertical, para cada fator, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. FAST 16, FAST 22, FAST 28 = sistema de previsão FAST com 16, 22 e 28 valores de severidade, respectivamente; IRR FAST 16 = tratamento com irrigação e sistema de previsão FAST com 16 valores de severidade; TEST = testemunha; TESTIRR = testemunha com irrigação.

4.3.1 Safra de 2007

As doenças incidiram relativamente tarde no experimento de safra comparado com a safrinha na cultura do girassol (Figuras 4 e 5). Os primeiros sintomas observados de septoriose e mancha de alternaria foram identificados nas folhas baixas de girassol aos 35 DAE em todos os tratamentos.

A evolução da severidade de mancha de alternaria e septoriose foi lenta até os 49 DAE. Isso provavelmente ocorreu devido a um período sem a presença de mais de 12 horas com UR>90%, dos 39 aos 45 DAE. A partir de então, houve uma evolução mais rápida da severidade observada, principalmente nos tratamentos sem aplicação de fungicida (Figura 4 e 5). A ocorrência de 5 dias consecutivos com mais de 20 horas com UR>90%, dos 46 aos 50 DAE, deve ter contribuído para esse incremento na severidade observada (Figura 2). Já nos tratamentos com aplicação de fungicida FAST 16 e 22 para o genótipo Hélio 358 (Figura 4), observa-se que a severidade observada não evoluiu, o que pode ser atribuído a aplicação de fungicida aos 49 e 50 DAE, nesses tratamentos, respectivamente. Logo após a aplicação de fungicida (cerca de 4 horas após a aplicação) nos tratamentos FAST 16 e 22, ocorreu uma precipitação pluvial. Mesmo os fungicidas aplicados sendo sistêmicos, provavelmente, o efeito residual do fungicida ficou comprometido, podendo ser a causa da evolução mais rápida da SVO de mancha de alternaria e septoriose a partir dos 70 DAE em ambos os tratamentos dos dois genótipos, sendo esta evolução ainda mais pronunciada nos tratamentos sem a aplicação de fungicida.

4.3.2 Safrinha de 2008

No experimento de safrinha as doenças se manifestaram mais cedo do que no experimento da safra. Os primeiros sintomas foram observados aos 23 DAE para ambos os genótipos (Figuras 6 e 7). Esses sintomas novamente foram observados nas folhas basais das plantas de girassol. Nos tratamentos sem aplicação de fungicida (Figuras 6 e 7) verifica-se que as curvas de severidade observada apresentam um formato linear, pelo menos até os 80 DAE no decorrer do ciclo da cultura do girassol.

Nos tratamentos com aplicação de fungicida FAST 16 e FAST 22 (Figuras 6 e 7), observa-se uma redução no incremento da severidade observada, provavelmente, devido à aplicação de fungicida, que ocorreu aos 44 e 47 DAE, respectivamente. No tratamento FAST 28 esse menor incremento na severidade observada é verificado apenas na avaliação após os 54 DAE (Figuras 6 e 7), devido à aplicação de fungicida ter sido realizada. Porém, isso não impediu a retomada de um rápido incremento na SVO após os 78 DAE, quando os fungicidas não apresentavam mais efeito residual. Nos tratamentos sem aplicação de fungicida os incrementos foram lineares até os 80 DAE, sendo a severidade observada mais expressiva no tratamento TESTIRR do que no tratamento TEST.

A evolução da severidade observada foi similar para os tratamentos com aplicação de fungicida tanto na safra quanto na safrinha (Figura 8). Na safra, verifica-se que nos tratamentos sem a aplicação de fungicida (Testemunha e TESTIRR) a severidade observada é maior a partir dos 60 DAE para o genótipo Hélio 358 (Figura 8A) e a partir dos 80 DAE para o genótipo Aguará 03 (Figura 8B). Essa maior evolução da severidade observada nos tratamentos sem aplicação de fungicida após os 60 DAE, para o genótipo Hélio 358 na safra, foi devido à não proteção por fungicida em relação aos demais tratamentos (FAST 16, FAST 22, FAST 28 e IRRFAST 16), que receberam a aplicação de fungicida, e portanto, a evolução das doenças foi mais lenta. Na safrinha também é possível observar esse comportamento, quando próximo aos 50 DAE nos tratamentos com aplicação de fungicida a evolução da severidade observada foi menor em relação aos tratamentos sem aplicação de fungicida.

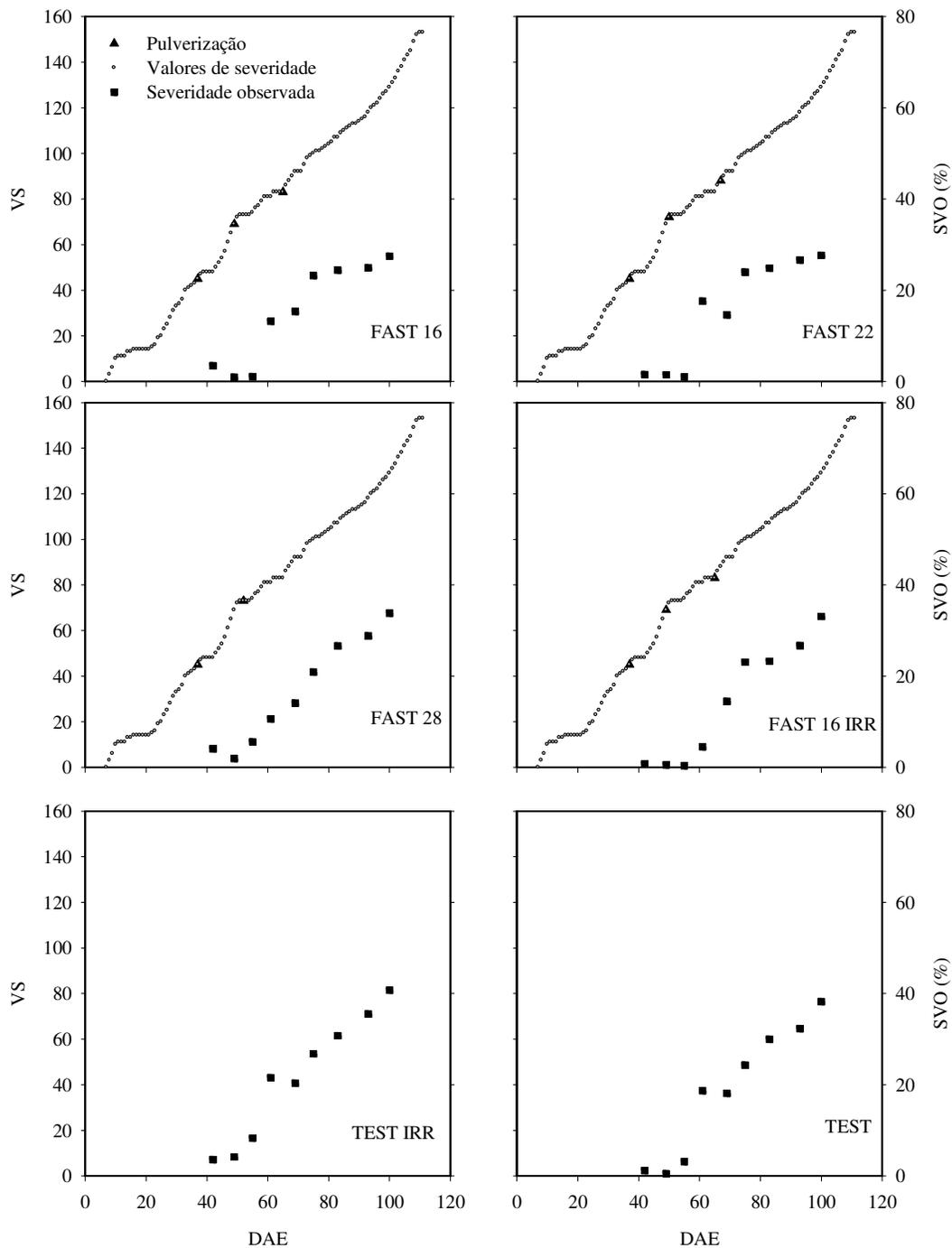


Figura 4 - Momentos de aplicação de fungicidas (▲), valores de severidade (VS) acumulados (◉) calculados pelo sistema de previsão FAST e a evolução da severidade observada (SVO) de mancha de alternaria e septoriose (■) em função dos dias após a emergência (DAE), nos tratamentos FAST 16, FAST 22, FAST 28, FAST 16IRR, TESTIRR e TEST para o girassol, genótipo Hélio 358, na safra de 2007.

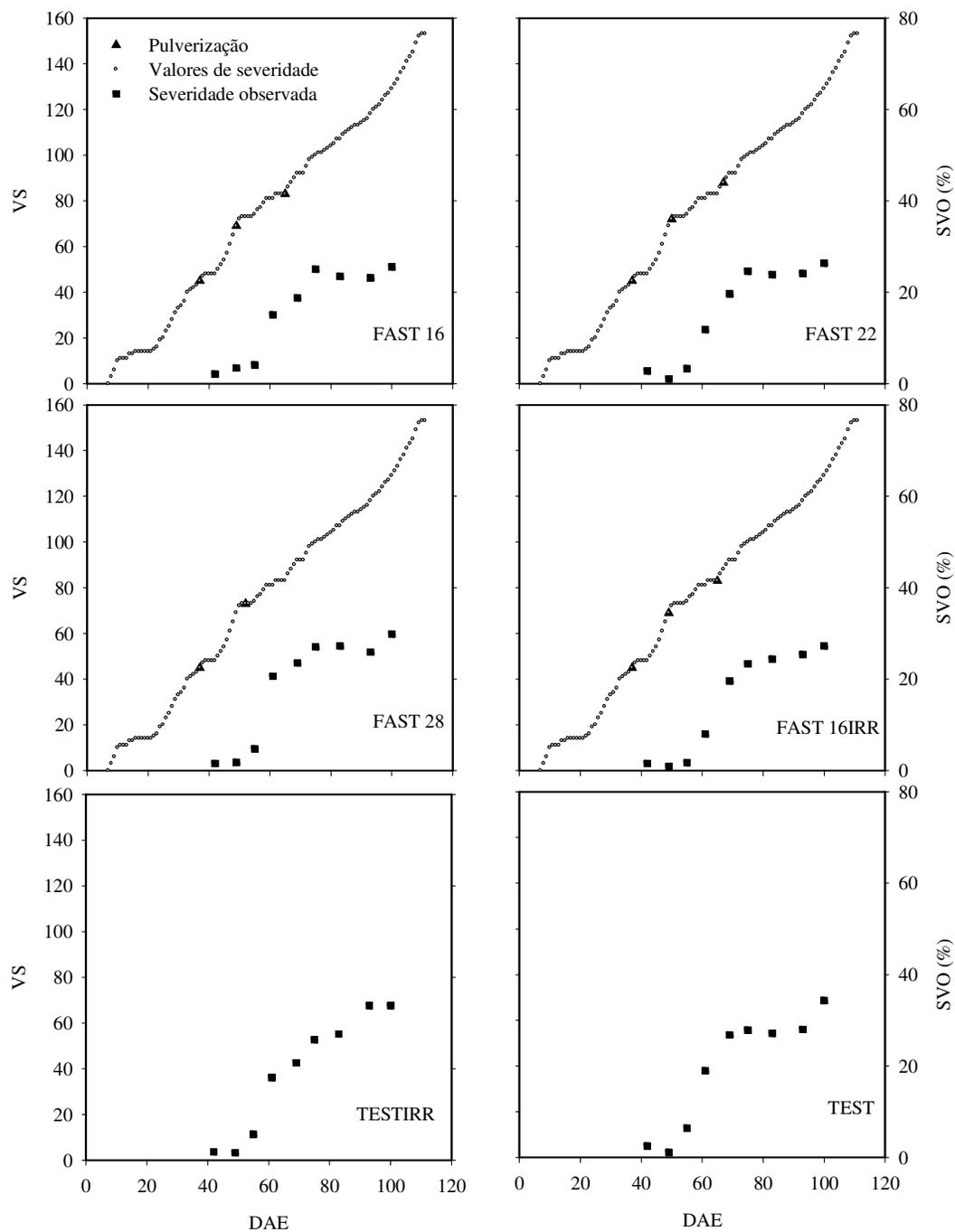


Figura 5 - Momentos de aplicação de fungicidas (▲), valores de severidade (VS) acumulados (◐) calculados pelo sistema de previsão FAST e a evolução da severidade observada (SVO) de mancha de alternaria e septoriose (■) em função dos dias após a emergência (DAE), nos tratamentos FAST 16, FAST 22, FAST 28, FAST 16IRR, TESTIRR e TEST para o girassol, genótipo Aguará 03, na safra de 2007.

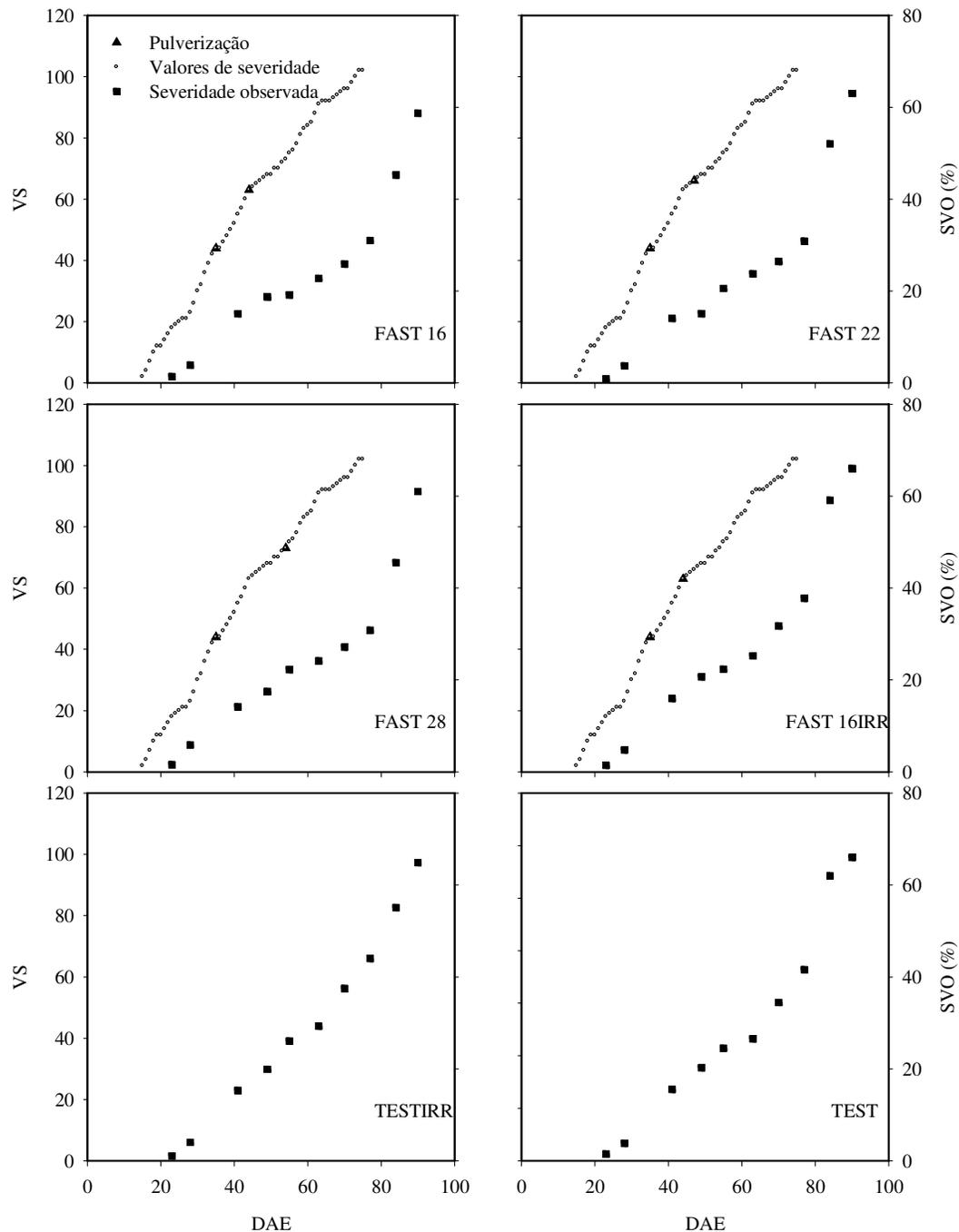


Figura 6 - Momentos de aplicação de fungicidas (▲), valores de severidade (VS) acumulados (◉) calculados pelo sistema de previsão FAST e a evolução da severidade observada (SVO) de mancha de alternaria e septoriose (■) em função dos dias após a emergência (DAE), nos tratamentos FAST 16, FAST 22, FAST 28, FAST 16IRR, TESTIRR e TEST para o girassol, genótipo Hélio 358, na safrinha de 2008.

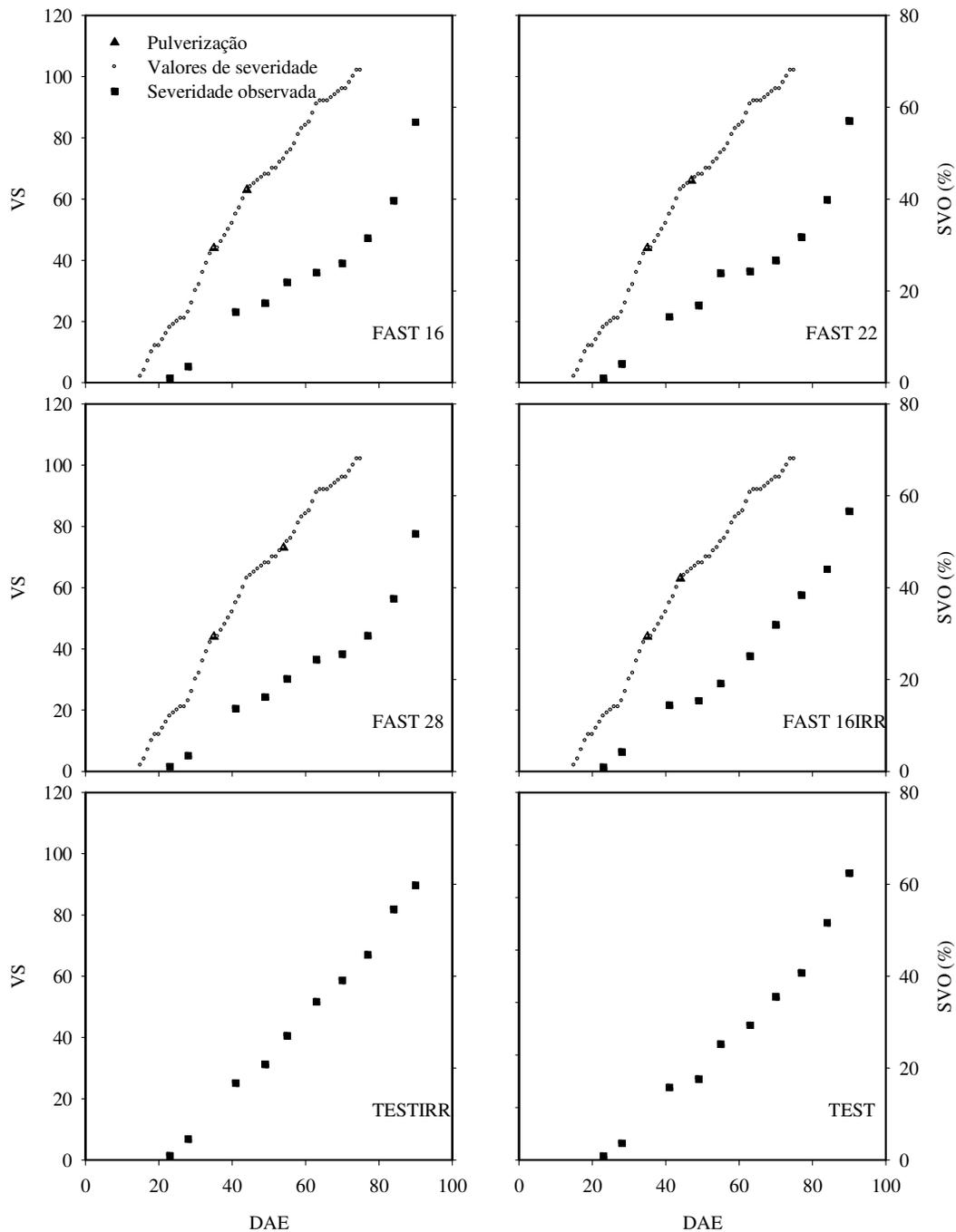


Figura 7 - Momentos de aplicação de fungicidas (▲), valores de severidade (VS) acumulados (○) calculados pelo sistema de previsão FAST e a evolução da severidade observada (SVO) de mancha de alternaria e septoriose (■) em função dos dias após a emergência (DAE), nos tratamentos FAST 16, FAST 22, FAST 28, FAST 16IRR, TESTIRR e TEST para o girassol, genótipo Aguará 03, na safra de 2008.

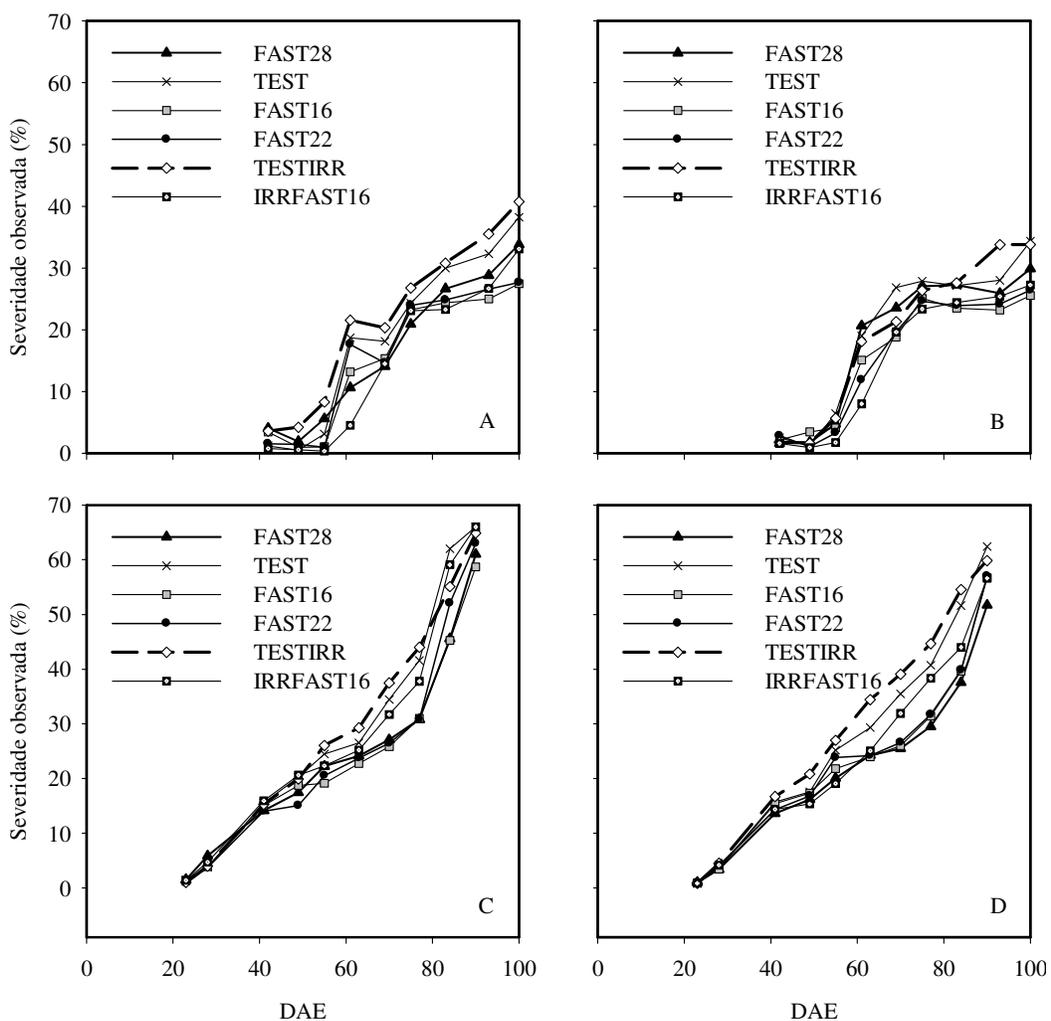


Figura 8 – Evolução da severidade observada (%) nos diferentes tratamentos, na safra de 2007 (A) genótipo Hélio 358 e (B) genótipo Aguará 03, e safrinha de 2008 (C) genótipo Hélio 358 e (D) genótipo Aguará 03, em função dos dias após a emergência (DAE).

Na safrinha a severidade observada final alcançou 66% para o genótipo Hélio 358 (Figura 8C), sendo maior do que na safra, quando o valor máximo foi de 40,7% (Figura 8A) para o mesmo genótipo. Isso significa que na safrinha as condições meteorológicas foram mais favoráveis à ocorrência de doenças no girassol em relação ao experimento de safra.

4.4 Ocorrência de mancha de alternaria e septoriose e sua relação com o ciclo de desenvolvimento das plantas de girassol

O ciclo de desenvolvimento das culturas é importante em sistemas de previsão de doenças, pois dependendo do estágio em que a doença incide e alcança níveis significativos de injúrias na planta, sua influência na produtividade da cultura será diferenciada (BOSCO, 2008).

A duração do ciclo e das fases de desenvolvimento (EM-R1, R1-R2, R2-R5.1, R5.1-R6 e R6-R9) variou na safra e safrinha, bem como entre os genótipos (Figura 9). Na safra, o ciclo foi de 107 dias para o genótipo Hélio 358 e 112 dias para o genótipo Aguará 03. Na safrinha, o ciclo foi 24 dias mais curto que na safra para ambos os genótipos, sendo de 83 dias e 88 dias para o genótipo Hélio 358 e Aguará 03, respectivamente.

O período vegetativo (EM-R1) foi o mais longo em ambos os experimentos, sendo, em média, de 51 e 34 dias, correspondendo a 45,5 e 38,6% da duração do ciclo total na safra e safrinha, respectivamente. A fase de enchimento de grãos (R6-R9) também foi mais curta na safrinha do que na safra, correspondendo a 27 e 25% do ciclo total do girassol na safra e safrinha, respectivamente. Nessa fase do ciclo de desenvolvimento do girassol é importante que não ocorram problemas relativos ao suprimento hídrico e/ou que afetem a sanidade das plantas, pois um déficit hídrico ou uma redução da área fotossinteticamente ativa devido à doenças podem reduzir a produtividade significativamente (DOOREMBOS; KASSAM, 1979; COX; JOLLIFF, 1986; KHAN et al., 2000; ORTA et al., 2002; CASTRO et al., 2006; GRASSINI et al., 2007; LEITE, 2002; CALVET, 2001) e o teor de óleo nos aquênios (KHAN et al., 2000; ORTA et al., 2002; CASTRO et al., 2006).

Tanto na safra quanto na safrinha, os primeiros sintomas de mancha de alternaria e septoriose surgiram no estágio vegetativo. Na safra e na safrinha a severidade ficou abaixo de 10% na fase vegetativa da cultura do girassol (Figura 8). Esses resultados concordam com Carvalho et al. (1995), que observou que, antes do florescimento, a doença aparece esporadicamente e principalmente nas folhas inferiores. Além disso, a idade da planta deve ser considerada como um fator importante no desenvolvimento da doença, já que a doença é mais prevalente e evolui de forma epidêmica quando a planta aproxima-se da senescência. Chattopadhyay (1999) verificou que infecção ocorrida entre o final da fase vegetativa e a emissão do botão floral resultou em maiores danos à produtividade. Segundo Leite (2002), plantas que apresentam severidade maior que 10% no estágio de R3 (alongamento do botão

floral) apresentam produtividades menores do que 500 kg ha^{-1} . Essa redução não foi tão significativa nos experimentos de safra e safrinha mesmo com valores de severidade maiores que 10% (Figura 8) em alguns tratamentos, possivelmente porque foram aplicados fungicidas em alguns tratamentos, resultando em reduções menos significativas na produtividade de aquênios em girassol. Segundo Allen et al. (1981), parcelas de girassol em que foi realizado o controle químico na antese apresentaram um rendimento de óleo 28% superior a parcelas que não receberam o tratamento, atribuído ao aumento do número de sementes por capítulo.

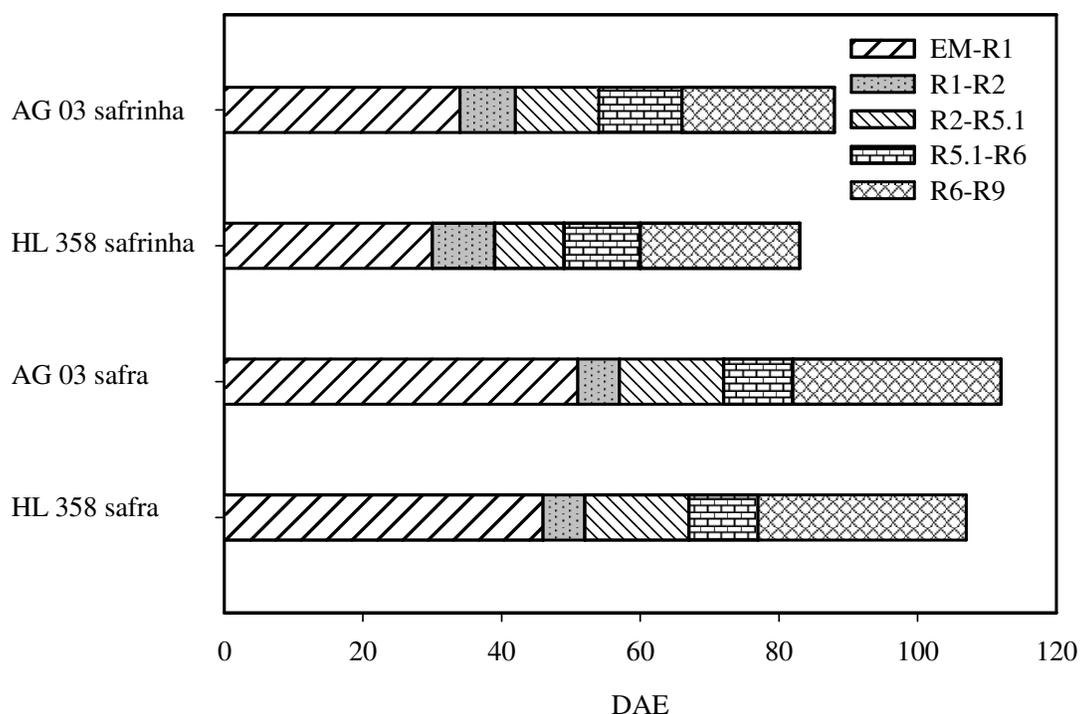


Figura 9 - Fases de desenvolvimento dos genótipos de girassol, Hélio (HL) 358 e Aguará (AG) 03, em função dos dias após a emergência (DAE) na safra de 2007 e safrinha de 2008. (EM-R1=emergência ao aparecimento do botão floral; R1-R2= aparecimento do botão floral até que a distância da última folha ao capítulo for menor que 2 cm; R2-R5.1=distância da última folha ao capítulo maior que 2 cm até o capítulo apresentar 10% das flores abertas; R5.1-R6= capítulo com mais de 10% das flores abertas até o murchamento das flores; R6-R9= murchamento das flores até o início da maturação fisiológica).

Avaliar a ocorrência de doenças e sua relação com as fases de desenvolvimento da cultura do girassol pode também ser feito através da frequência de valores de severidade (VS) calculados pelo sistema FAST, nas diferentes fases do ciclo do girassol (Figura 10). Na safra de 2007, observa-se que nas fases EM-R1 e R1-R5.1 houve maior frequência de VS iguais a

zero, mostrando que, na maior parte dos dias, as condições meteorológicas não foram favoráveis à mancha de alternaria e septoriose nas fases iniciais do desenvolvimento das plantas nesse experimento (Figura 10). No entanto, na fase EM-R1 também ocorreram 9 dias com acúmulo de VS igual a 3 e, em 5 dias, o acúmulo foi de 4 VS. Valores de severidade igual a 4 indicam períodos diários em que a umidade do ar (>90%) permaneceu em pelo menos 21 horas com temperatura entre 20,6 e 25,5 °C ou por 23 horas com temperatura entre 17,6 e 20,5 °C ou entre 25,6 e 29,5 °C (Tabela 1), favorecendo o rápido desenvolvimento dessas duas doenças no girassol no final da fase EM-R1 (Figuras 8A e 8B).

Na safrinha observa-se uma maior frequência de dias com algum acúmulo de VS (Figura 10), principalmente nas fases de EM-R1 e R1-R5.1. Esse pode ser o motivo pelo qual houve maior ocorrência de doenças nas plantas de girassol na safrinha de 2008. Na fase R6-R9, observou-se a maior parte dos dias sem o acúmulo de VS, no entanto, houve uma considerável evolução das doenças no girassol. Isso demonstra que, em alguns casos, mesmo não havendo condições meteorológicas favoráveis ao desenvolvimento do patógeno, estes podem continuar a causar danos às plantas, provavelmente, devido a um crescimento de micélio em tecidos anteriormente.

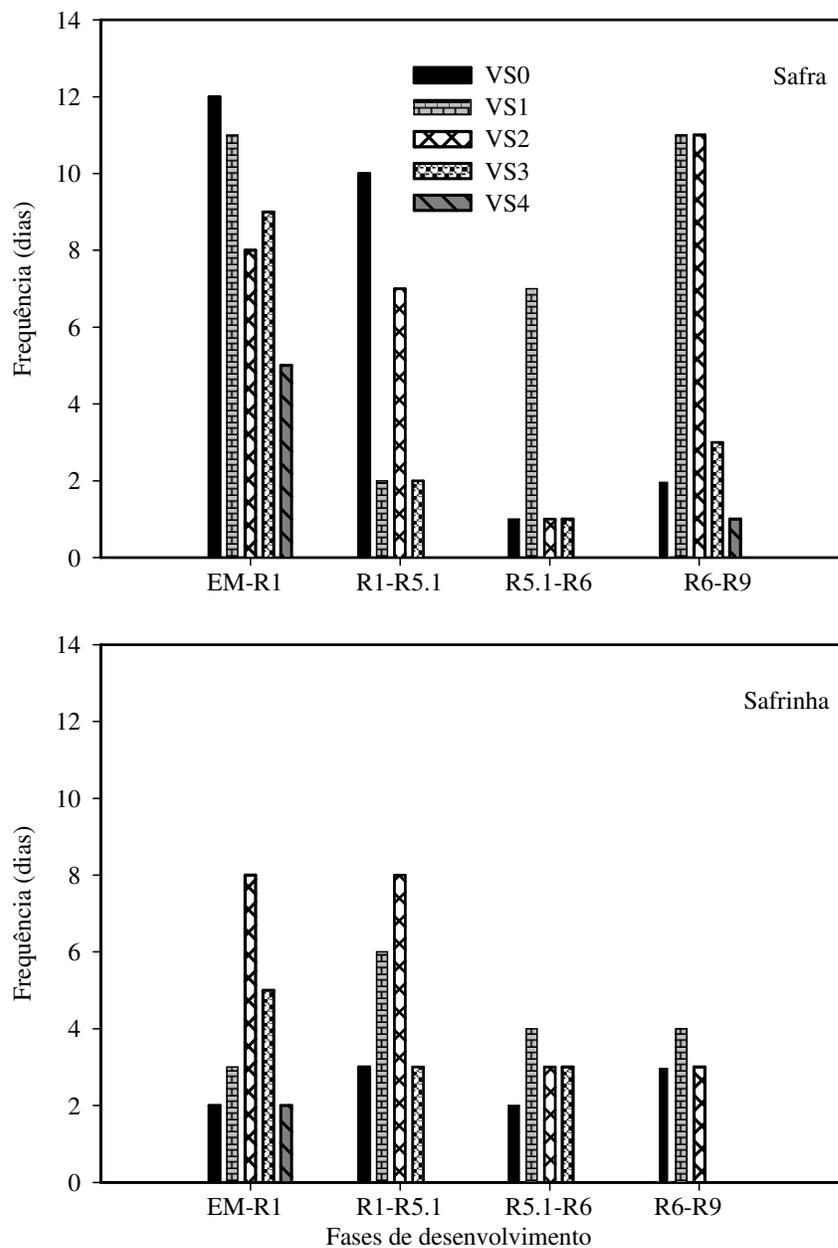


Figura 10 – Frequência dos valores diários de severidade (VS) iguais a zero (VS0), um (VS1), dois (VS2), três (VS3) e quatro (VS4) calculados pelo sistema de previsão FAST para a safra de 2007 e safrinha de 2008, durante as fases de emergência até aparecimento do botão floral (EM-R1), aparecimento do botão floral até a abertura das pétalas (R1-R5.1), abertura das pétalas até o murchamento das pétalas (R5.1-R6) e murchamento das pétalas até a maturação fisiológica (R6-R9).

4.5 Efeito do uso de irrigação e os sistemas de previsão nos componentes de produtividade dos genótipos de girassol

O resultado final que os produtores buscam é a máxima rentabilidade da cultura com a qual estão trabalhando. Para obter altas produtividades é necessário que o manejo da cultura, inclusive com relação à irrigação, seja o mais adequado possível. Irrigação insuficiente ou em intervalos muito prolongados resulta em estresse da planta e, conseqüente redução da produtividade; em excesso ou muito frequente propicia condições mais favoráveis a muitos patógenos da cultura do girassol.

4.5.1 Irrigações realizadas durante os experimentos

O girassol é uma cultura tolerante ao déficit hídrico em relação à outras culturas por apresentar características morfológicas e fisiológicas, como sistema radicular profundo e modificações no seu metabolismo que diminuem os efeitos causados pelo déficit hídrico (BONA et al., 2000; GOMES, 2005). No entanto, em períodos de alta disponibilidade hídrica o consumo de água pela cultura do girassol é alto, mas variável no ciclo, dependendo de cada estágio fenológico da cultura (DIAS, 1995), principalmente em função da variação do IAF.

No decorrer do ciclo das plantas do girassol de dois híbridos nos dois experimentos, foram realizadas irrigações complementares para atender sua demanda hídrica, com o objetivo de propiciar condições hídricas favoráveis para obter a máxima produtividade da cultura e verificar seu efeito na ocorrência de doenças.

No experimento de safra foram realizadas cinco irrigações no decorrer do ciclo da cultura do girassol, sendo a primeira aos 62 DAE entre os estágios R1 e R5.1 (Figura 11A). No experimento de safrinha foram realizadas quatro irrigações, sendo a primeira realizada ainda no estágio vegetativo da cultura aos 26 DAE (Figura 11B).

Nas parcelas sem irrigação observa-se que a ET_m acumulada até a irrigação ou precipitação pluvial alcançou 108 mm na safra (Figura 12A) e 68 mm na safrinha (Figura 12B).

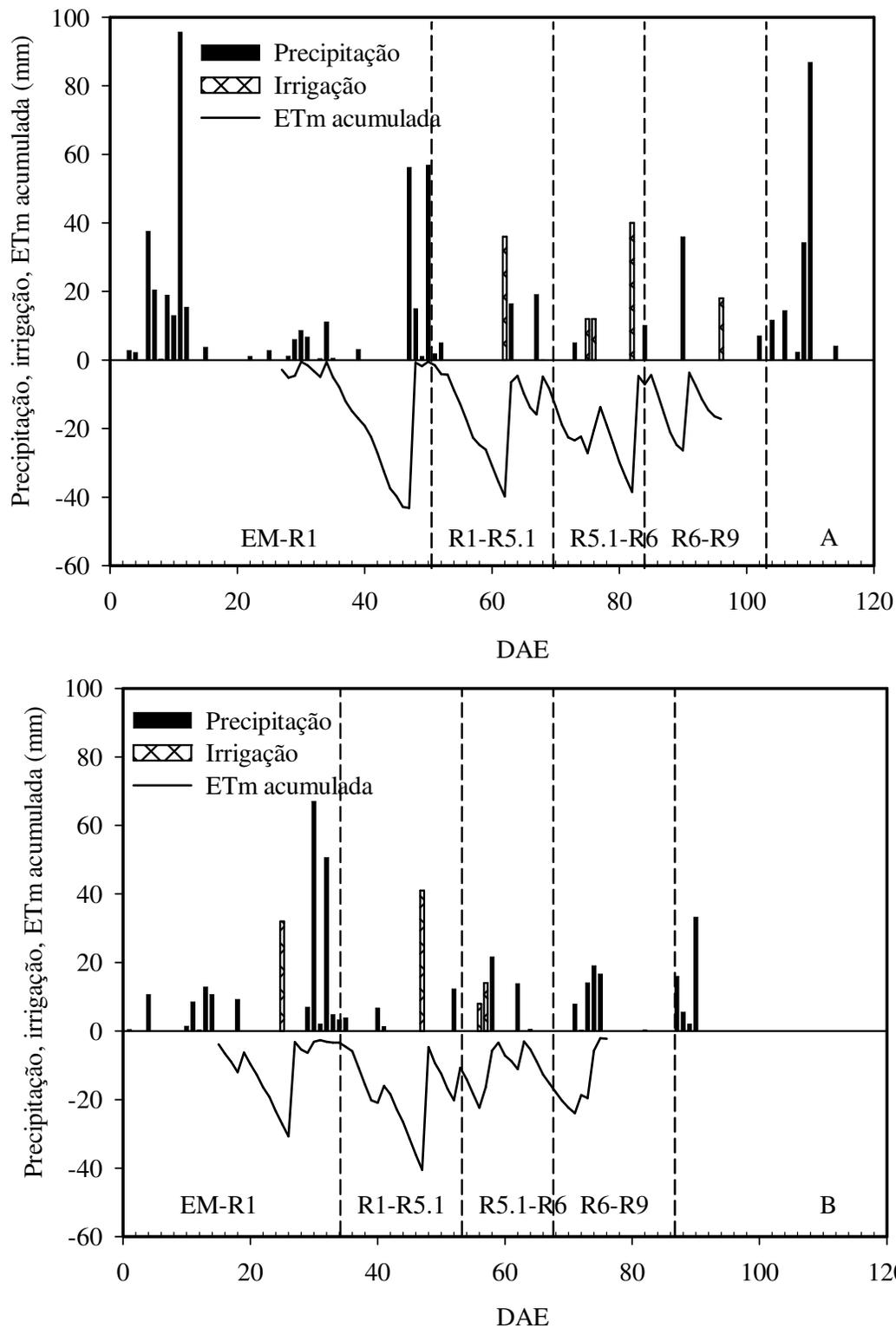


Figura 11 – Irrigações complementares realizadas em função da evapotranspiração máxima (ETm) acumulada até a irrigação ou precipitação na cultura do girassol e precipitação ocorrida na safra de 2007 (A) e safrinha de 2008 (B) em função dos dias após a emergência (DAE), durante as fases de desenvolvimento do girassol de: emergência até aparecimento do botão floral (EM-R1); aparecimento do botão floral até a abertura das pétalas (R1-R5.1); abertura das pétalas até o murchamento das pétalas (R5.1-R6); murchamento das pétalas até a maturação fisiológica (R6-R9).

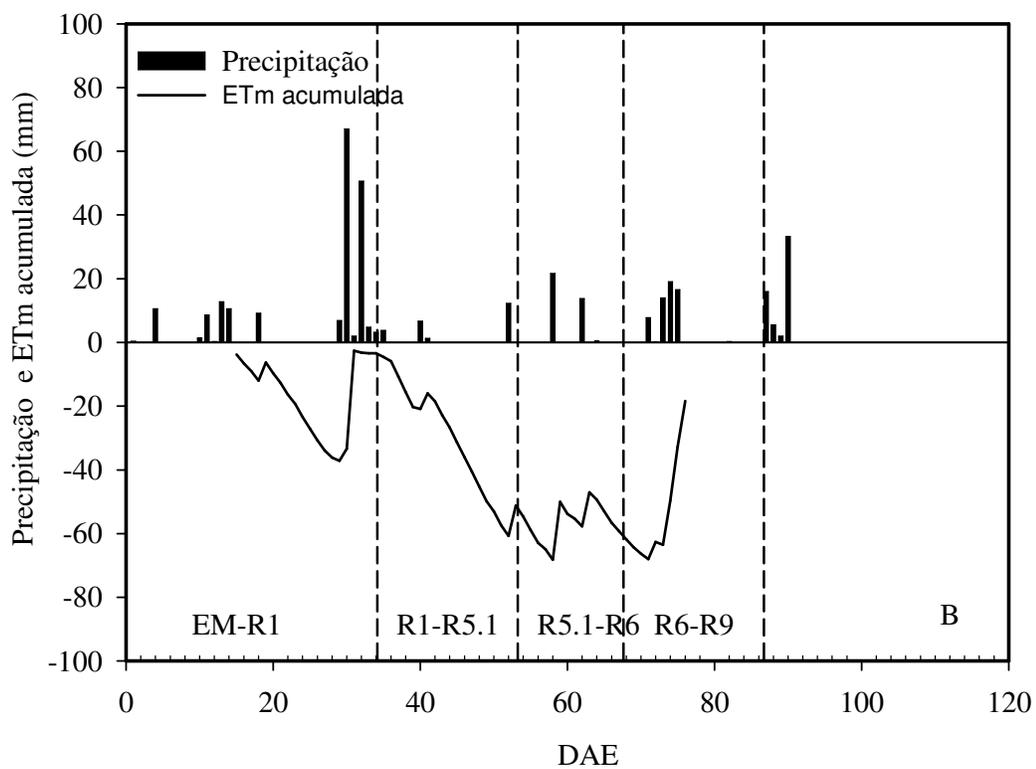
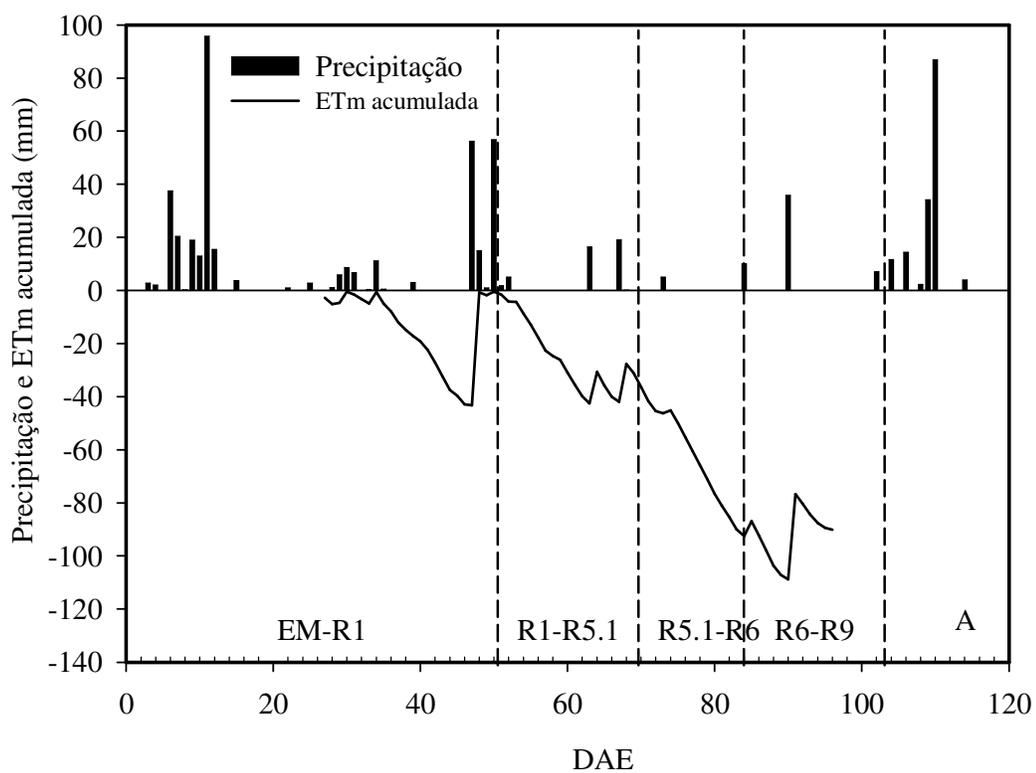


Figura 12 – Evapotranspiração máxima (ETm) acumulada da cultura do girassol, não compensada pela precipitação nas parcelas sem irrigação, e precipitação diária ocorrida na safra de 2007 (A) e safrinha de 2008 (B) em função dos dias após a emergência (DAE).

4.5.2 Genótipos e esquemas de aplicação de fungicidas para a safra de 2007

Na análise da variância verificou-se que não houve interação significativa entre esquema de aplicação e genótipo para todos os componentes de produtividade analisados (Tabela 9). A variável diâmetro médio do capítulo (DMC), apresentou efeito significativo apenas para o fator esquema de aplicação (Tabela 9).

O maior diâmetro de capítulo (DMC) foi obtido nos tratamentos irrigados, IRRFAST16 (19,3 cm) e IRR (19,2 cm), que não diferiram entre si, mas diferiram significativamente dos demais tratamentos (Tabela 10).

Tabela 9 – Valores do quadrado médio da análise da variância para as variáveis diâmetro médio dos capítulos (DMC), peso de 1000 aquênios (PA), percentual de aquênios chochos por capítulo (ACC) e produtividade total de aquênios (PTA), para os genótipos Hélio 358 e Aguará 03 nos tratamentos na safra de 2007.

Fonte de variação	Quadrado médio			
	DMC	PA	ACC	PTA
Esquema de aplicação	2,61**	26,25	25,14	636798,89**
Genótipo	0,17	16,57	1342,71**	60806,23
Esquema de aplicação * Genótipo	0,14	29,05	18,05	26554,52
Coeficiente de variação (%)	5,26	12,01	14,15	8,26
Média geral	18,58	61,74	19,28	3746,39

** Significativo a 5% de probabilidade de erro.

Na variável peso de 1000 aquênios não houve diferença significativa para os fatores analisados na safra de 2007. Foi obtido maior percentual de grãos chochos com o genótipo Aguará 03 em relação ao Hélio 358, possivelmente devido à fatores intrínsecos a cada genótipo (CASTRO; FARIAS, 2005). O genótipo Aguará 03 apresenta uma casca mais grossa e desgrudada da amêndoa, que segundo Weis (1983) apud Castro; Farias (2005), está relacionado a um menor teor de óleo do que genótipos com casca fina e grudada na amêndoa, tal como o genótipo Hélio 358. No entanto, é preciso ter cuidado com essa relação, pois ela pode ser modificada com o mau enchimento dos aquênios, mostrando que, mesmo ocorrendo o enchimento dos aquênios, o pericarpo se forma, originando grãos chochos (CASTRO;

FARIAS, 2005) Para o fator esquema de aplicação de fungicidas não houve diferença significativa para a variável percentual de grãos chochos.

Tabela 10 – Diâmetro médio dos capítulos (cm) (DMC), peso de 1000 aquênios (g) (PA), aquênios chochos por capítulo (%) (ACC) e produtividade total de aquênios (Kg ha⁻¹) (PTA), quando não houve interação entre os fatores genótipo e esquema de aplicação na safra de 2007.

Genótipo	DMC	PA	ACC	PTA
Hélio 358	18,64a	61,15a	12,19b	3781,99a
Aguará 03	18,52a	62,32a	26,37a	3710,80a

Esquema de aplicação	DMC	PA	ACC	PTA
IRRFAS 16	19,29a	60,65a	16,98a	4112,06a
TESTIRR	19,24a	58,75a	21,03a	4093,99a
FAST 28	18,59 b	61,61a	22,88a	3629,30 b
TEST	18,31 b	63,06a	17,56a	3611,83 b
FAST 22	18,04 b	62,70a	18,80a	3566,16 b
FAST 16	18,01 b	63,64a	18,42a	3465,03 b

Médias seguidas pela mesma letra, na vertical, para cada fator, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. FAST 16, FAST 22, FAST 28 = tratamentos sem irrigação e com aplicação de fungicidas prevista pelo sistema FAST com 16, 22 e 28 valores de severidade, respectivamente; IRR FAST 16 = tratamento com irrigação e com aplicação de fungicidas pelo sistema de previsão FAST com 16 valores de severidade; TEST = testemunha sem aplicação de fungicidas e sem irrigação; TESTIRR = testemunha irrigada sem aplicação de fungicidas.

Para a variável produtividade total de aquênios (PTA) não houve diferença significativa entre os genótipos (Tabela 9). No entanto, houve diferença significativa para o fator esquema de aplicação. Os tratamentos irrigados apresentaram PTA maior do que os tratamentos não irrigados, mas nos tratamentos irrigados a aplicação de fungicidas (tratamento IRRFAST 16) não contribuiu para obter produtividade significativamente maior do que sem aplicação (TESTIRR) (Tabela 10). Esses resultados permitem afirmar que a resposta do girassol à irrigação complementar no experimento de safra foi positiva, mesmo sendo realizadas apenas quatro irrigações (36 mm; 24 mm; 40 mm; 18 mm) durante o ciclo de desenvolvimento do girassol. Segundo Gomes (2005), uma irrigação realizada somente nas fases de formação do botão floral e enchimento de aquênios é suficiente para garantir o desenvolvimento da parte aérea, bem como do sistema radicular e a produtividade de

aquênios de girassol semelhante às plantas cultivadas sem restrição hídrica. Portanto, mesmo sendo realizadas poucas irrigações, foram realizadas nas fases de desenvolvimento essenciais para garantir o maior rendimento nas parcelas irrigadas. Pode-se inferir também, que nas condições ambientais em que foi conduzido o experimento de safra, a aplicação de fungicidas antes do estágio R1 é desnecessária, pois o nível de injúria causado pelas doenças não impôs redução significativa de produtividade. Verifica-se também que o maior diâmetro de capítulo resulta em maior produtividade de aquênios. A produtividade de aquênios em girassol teve correlação positiva com o diâmetro de capítulos, sendo que coeficiente de determinação foi mais elevado para o genótipo Aguará 03 na safra de 2007 ($R^2 = 0,95$) (Apêndice D). Outros autores também já observaram que a produtividade de aquênios tem correlação com o diâmetro do capítulo e com o peso de mil grãos (HLADNI et al., 2006; FARHATULLAH; KHALIL, 2006). Amorin et al. (2008) obtiveram coeficientes de correlação (r) positivos significativos de 0,63 e 0,55, respectivamente, para essas duas variáveis com a produtividade e afirmaram que essas duas características são úteis na avaliação indireta da produtividade, além de serem de fácil mensuração. Capítulos maiores, bem desenvolvidos, tendem a apresentar maior proporção de aquênios grandes e mais pesados (CASTRO; FARIAS, 2005) por terem mais tempo para o enchimento, possibilitando maior aporte de nutrientes (ALKIO et al., 2003) e proporcionalmente apresentam menor número de aquênios chochos (CASTRO; FARIAS, 2005).

4.5.3 Genótipos e esquemas de aplicação de fungicidas para a safrinha de 2008

No experimento de safrinha houve interação significativa entre o fator esquema de aplicação e o fator genótipo somente para a variável diâmetro médio de capítulo (Tabela 11). Para a variável produtividade de aquênios, houve diferença significativa apenas para o fator esquema de aplicação, com a menor produtividade obtida para o tratamento TESTIRR, sendo que os demais tratamentos não diferiram entre si (Tabela 12). Isso nos mostra que para a safrinha a irrigação pode influenciar de forma negativa a produtividade de aquênios de girassol, devido à maior ocorrência de doenças.

Para a variável peso de 1000 aquênios houve diferença significativa para o fator genótipo e para o fator esquema de aplicação, sendo que o fator genótipo foi o que mais influenciou a produtividade de aquênios devido ao seu maior quadrado médio do que o fator

esquema de aplicação (Tabela 11). O genótipo Hélio 358 apresentou maior peso de 1000 aquênios, o que também se confirmou em maior produtividade deste genótipo em relação ao genótipo Aguará 03. O tratamento TESTIRR foi o que apresentou menor peso de 1000 aquênios, o que se refletiu também em menor produtividade de aquênios (Tabela 12).

O menor diâmetro de capítulo foi obtido com o tratamento TESTIRR para o genótipo Aguará 03 (Tabela 13). Nesse sentido, é possível observar que a produtividade de aquênios e o diâmetro médio de capítulo têm uma relação direta, pois tanto no experimento de safrinha quanto no de safra as maiores produtividades foram obtidas juntamente com os maiores diâmetros de capítulo.

Tabela 11 – Valores do quadrado médio da análise da variância para as variáveis diâmetro médio dos capítulos (DMC), peso de 1000 aquênios (PA) e produtividade total de aquênios (PTA), para os genótipos Hélio 358 e Aguará 03 nos tratamentos na safrinha de 2008.

Fonte de variação	Quadrado médio		
	DMC	PA	PTA
Esquema de aplicação	1,65	73,77**	418800,93**
Genótipo	21,25**	432,48**	39688,99
Esquema de aplicação * Genótipo	2,01**	7,74	175154,11
Coeficiente de variação (%)	5,74	8,65	14,36
Média geral	15,05	51,68	2241,17

** Significativo a 5% de probabilidade de erro.

A produtividade de aquênios foi superior na safra em relação à safrinha nos tratamentos utilizados, para o esquema de aplicação IRRFAST 16 a produtividade de aquênios foi 76,23% maior no experimento de safra, podendo ser explicado pelo IAF que na safra foi superior e não houve uma diminuição abrupta como no IAF da safrinha. Merrien e Milan (1992), apud UNGARO et al. 2000) verificaram que um IAF entre 2,5 e 3,0, obtido durante o florescimento, é suficiente para assegurar boa produtividade, entretanto, é essencial manter a atividade fotossintética dessa superfície foliar após o florescimento, uma vez que o enchimento de grãos caracteriza-se por ser um período de forte competição entre os assimilados, podendo ocorrer abortamento de aquênios nas plantas que apresentam superfície foliar incipiente, sobretudo como decorrência de senescência precoce. Outro aspecto é que, no

girassol, a taxa de enchimento de aquênios é afetada pela capacidade fotossintética da planta durante o enchimento dos aquênios. Esse efeito é maior para os aquênios que estão localizados no centro do capítulo (ANDRADE; FERREIRO, 1996).

Tabela 12 – Peso de 1000 aquênios (g) (PA) e produtividade total de aquênios (kg ha⁻¹) (PTA), para os fatores genótipo e esquema de aplicação na safrinha de 2008.

Genótipo	PA	PTA
Hélio 358	54,67a	2285,35a
Aguará 03	48,67 b	2196,99a

Esquema de aplicação	PA	PTA
FAST 16	54,28a	2357,47a
FAST 28	54,21a	2446,15a
IRRFAS 16	52,61a	2233,75a
FAST 22	52,32a	2431,43a
TEST	50,43a	2136,02a
TESTIRR	46,20 b	1842,47 b

Médias seguidas pela mesma letra, na vertical, para cada fator, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. FAST 16, FAST 22, FAST 28 = sistema de previsão FAST com 16, 22 e 28 valores de severidade, respectivamente; IRR FAST 16 = tratamento com irrigação e sistema de previsão FAST com 16 valores de severidade; TEST = testemunha; TEST IRR = testemunha irrigada.

A partir dos resultados obtidos é possível afirmar que o sistema de previsão utilizado foi eficiente na previsão de doenças em girassol no experimento de safrinha, pois no tratamento irrigado com aplicação de fungicida a produtividade de aquênios de girassol foi superior ao tratamento somente irrigado sem aplicação de fungicida. Mostrando que, para a mesma condição de irrigação, a aplicação de fungicida foi eficiente no controle de mancha de alternaria e septoriose no girassol, resultando em maior produtividade de aquênios.

Com relação à irrigação, observa-se que seu efeito pode ser negativo se realizada sem a aplicação de fungicidas no girassol, pois com a irrigação ocorre o molhamento foliar, que é essencial para a infecção e desenvolvimento da maioria dos fungos se coincidir com a temperatura do ar favorável ao desenvolvimento do fungo, pode resultar na infecção e colonização do patógeno no hospedeiro.

Tabela 13 – Diâmetro (cm) dos capítulos de dois genótipos de girassol em função da aplicação de diferentes esquemas de aplicação de fungicida na safrinha de 2008.

Esquema de aplicação	Genótipo	
	Hélio 358	Aguará 03
FAST 28	14,63a	16,31a
IRRFAS 16	14,57a	15,98a
TESTIRR	14,56a	14,00 b
FAST 22	14,35a	16,19a
FAST 16	14,10a	16,47a
TESTIRR	14,09a	15,36a

Médias seguidas pela mesma letra, na vertical, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. FAST 16, FAST 22, FAST 28 = aplicação de fungicidas conforme sistema de previsão FAST com 16, 22 e 28 valores de severidade, respectivamente; IRR FAST 16 = tratamento com irrigação e sistema de previsão FAST com 16 valores de severidade; TEST = testemunha não irrigada, sem aplicação de fungicida; TEST IRR = testemunha irrigada, sem aplicação de fungicida.

4.6 Influência das doenças e alguns componentes de produção na produtividade de aquênios de girassol

As correlações entre a produtividade e as variáveis DAFS, AACPD e SVO, feitas para verificar se a produtividade foi influenciada pelas doenças, são apresentadas na Figura 13, exceto para a safra 2007, pois nela não houve correlação. Na safrinha de 2008 houve correlação entre a produtividade e as variáveis DAFS, AACPD e SVO (Figura 13), mostrando haver dependência entre a produtividade de aquênios de girassol em relação a essas variáveis. A medida que a DAFS aumenta há um aumento da produtividade e ocorre redução na produtividade com o aumento da SVO e AACPD. Essas relações também foram observadas por Trentin (2006), Grimm (2007) e Bosco (2008) com relação a requeima na cultura da batata e por Allen et al. (1981) e Leite (2002) em girassol. Quando maior o período de tempo em que as plantas permaneceram com área foliar sadia, maior tende a ser a interceptação de radiação solar e a eficiência fotossintética das plantas, resultando em maior acúmulo de fotoassimilados, o que pode resultar em maior produtividade da cultura (KHURANA; McLAREN, 1982). Leite (2002) verificou que para as variáveis integrais por ela estudadas, a melhor relação com rendimento foi verificada para a absorção de radiação solar da área foliar sadia, sendo o melhor ajuste obtido com um modelo exponencial. Assim, quanto maior a

severidade de ataque das doenças (mancha de alternaria e septoriose), menor será a atividade fotossintética, refletindo em menor produtividade de aquênios de girassol.

Ao analisar os coeficientes de determinação (R^2) verifica-se que há respostas distintas dos genótipos Hélio 358 e Aguará 03 com relação a correlação das variáveis DAFS, AACPD e SVO, e a produtividade de aquênios de girassol (Figura 13). Para o genótipo Hélio 358, 84% da variabilidade da produtividade é explicada pela variável DAFS (Figura 13A), enquanto que, para o genótipo Aguará 03, 92% da variabilidade na produtividade é explicado pelo DAFS (Figura 13B). Leite (2002) também observou que o rendimento de aquênios aumentou linearmente com o aumento da DAFS. Segundo Vannozzi et al. (1999), a DAFS é uma variável que tem sido positivamente correlacionada com produtividade de aquênios em girassol, especialmente após o florescimento. A correlação entre produtividade e AACPD foi negativa, de 92% para o genótipo Aguará 03 e 78% para o genótipo Hélio 358. Esses resultados concordam com Leite (2002), que também encontrou relação entre a produtividade de aquênios de girassol e a variável AACPD com coeficientes de determinação de ($R^2= 0,79$ para a safra de 1998/1999 e 0,60 para a safra de 1999/2000), com a redução da produtividade de aquênios descrita pelo modelo exponencial negativo. A correlação entre a SVO e a produtividade para o genótipo Hélio 358 foi de 13% (Figura 13E). Para o genótipo Aguará 03 houve alta correlação entre a produtividade e a SVO (Figura 13F), apresentando tendência de diminuição da produtividade a medida que a SVO aumentou. Nesse sentido, para o genótipo Aguará 03, é observada uma maior dependência da produtividade em relação à doença do que para o genótipo Hélio 358. Portanto, o fator que mais teve influência na produtividade do genótipo Aguará 03 na safrinha de 2008 foi a ocorrência de doenças no girassol. Leite (2002) verificou que a severidade no estágio reprodutivo R3 pode ser usada como um limiar de dano em girassol, ou seja, plantas que apresentam 10% de dano na fase de R3 já estão com a produção comprometida.

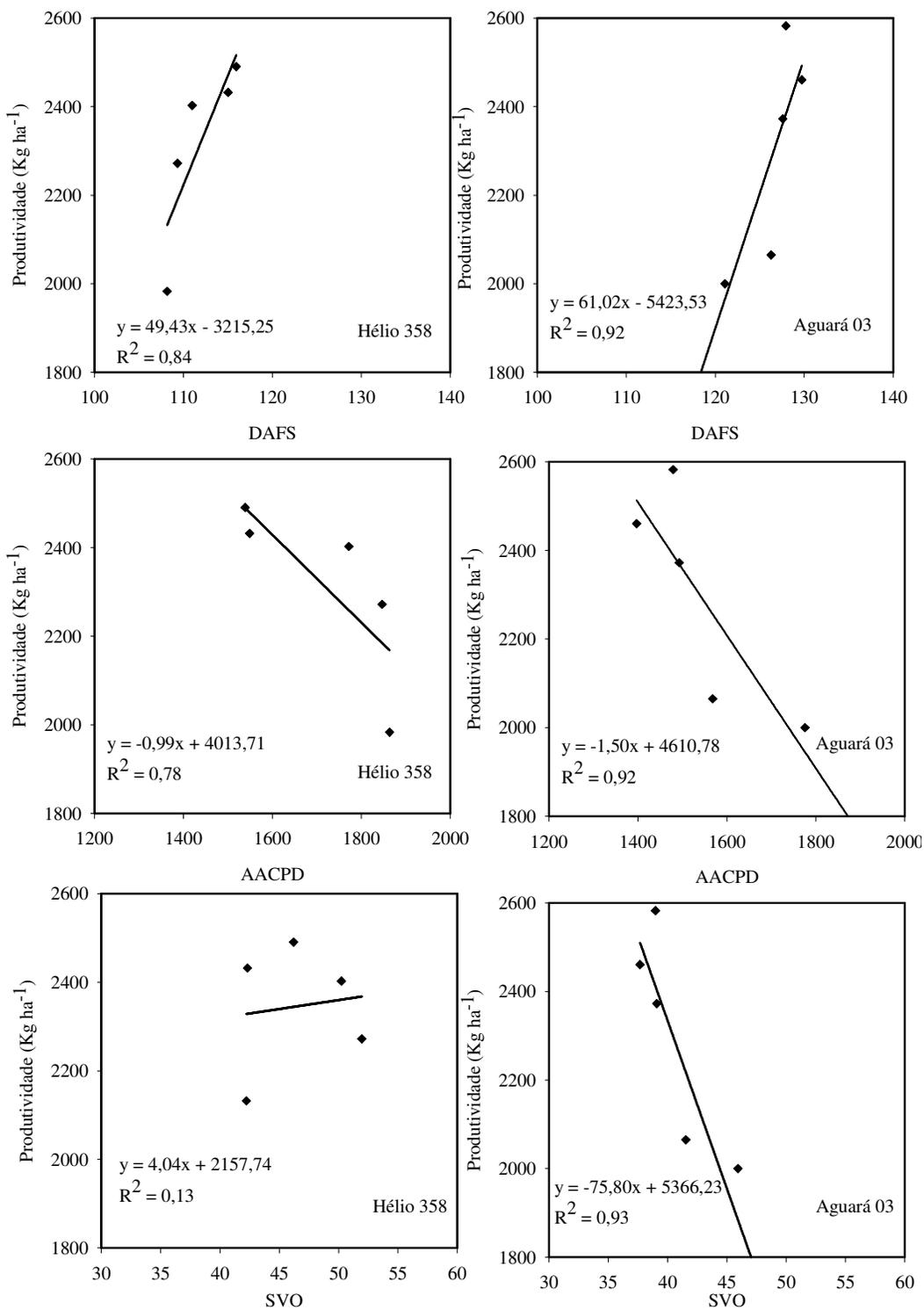


Figura 13 – Produtividade de aquênios de girassol (kg ha⁻¹) na safrinha de 2008 em função dos dias de área foliar sadia (DAFS), área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e severidade observada (SVO) com valores transformados em raiz do arco seno, para os genótipos Hélio 358 e Aguará 03.

5 CONCLUSÕES

A irrigação aumenta a produtividade de aquênios de girassol no cultivo de safra, desde que as condições meteorológicas não sejam favoráveis para a ocorrência de mancha de alternaria e septoriose, ou desde que se aplique fungicidas para o controle dessas doenças antes da floração. Na safrinha, o efeito da irrigação na produtividade de aquênios é negativo devido à maior ocorrência de mancha de alternaria e septoriose em girassol.

A previsão de ocorrência de doenças em girassol pode ser feita a partir de elementos meteorológicos, mas são necessários ajustes para definir os critérios mais adequados.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIOS, G. N. Environmental effects on the development of infectious plant disease. In: _____. **Plant Pathology**. 5th ed. San Diego: Academic Press, 2004. cap.7, p. 251-262.

ALKIO, M. et al. Effect of source-sink ratio on seed set and filling in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 26, n. 10, p. 1609-1619, Oct. 2003.

ALLEN, S. J.; KOCHMAN, J. K.; BROWN, J. F. Losses in sunflowers yield caused by *Alternaria helianthi* in southern Queensland. **Australian Journal for Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, v. 21 n. 108, p. 98-100, Jan./Feb. 1981.

ALLEN, S. J. et al. Effects of leaf age, host growth stage, leaf injury, and pollen on the infection of sunflower by *Alternaria helianthi*. **Phytopathology**, Saint Paul, v.73 n. 6, p.896-898, Jun. 1983.

ALMEIDA A. M. R. **Doenças do girassol**: descrição de sintomas e metodologia para levantamento. Londrina: EMBRAPA, CNPSo. 1981. 24 p. (Circular Técnica, n.6).

AMORIN, E. P. et al. Correlações e análise de trilha em girassol. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.2, p. 307-316, abr./jun. 2008.

ANAHOSUR, K. H. *Alternaria helianthi*. **CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria**, n.582, p.2,1978.

ANDRADE, F. H.; FERREIRO, M. Reproductive growth of maize, sunflower and soybean at different source levels during grain filling. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.48, p.155-165, Oct. 1996.

BALARDIN, R. S. Dinâmica de doenças em culturas irrigadas por aspersão. In: Carlesso, R. (Ed) **Irrigação por Aspersão no Rio Grande do Sul**. Santa Maria, RS, 2001. Cap. 2. 165 p.

BARNI, N. A. et al. Modelo agrometeorológico de predição do rendimento do girassol: II. Ajuste e validação de modelo. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 19-31, jan./jul. 1996.

BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. **Doenças de plantas tropicais**: epidemiologia e controle econômico. São Paulo: Agronômica Ceres, 1996. 299 p.

BLOCK, C. C. Evaluation of wild *Helianthus annuus* for resistance to septoria leaf blight. Proceedings Sunflower Research Workshop, 2005. Disponível em: http://www.sunflowernsa.com/research/research-workshop/documents/Block_Septoria_05.PDF

BONA, S. et al. Response of sunflower to progressive water stress. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 15., 2000, Toulouse, **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 2000. p.D58-D63. v.1.

BOSCO, L. **Sistemas de previsão de ocorrência de requeima em clones de batata suscetíveis e resistentes.** 2008. 112 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

CALVET, N. P. **Lesão virtual causada pela mancha de *Alternaria helianthi* em diferentes genótipos de girassol (*Helianthus annuus* L.), e sua relação com a fotossíntese.** 2001. 48 f. dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. Forecasting plant diseases. In:_____. **Introduction to plant disease epidemiology.** New York: John Wiley & Sons, 1990. cap.15, p.423-452.

CARLESSO, R. et al. Manejo da irrigação por aspersão visando a redução de custos de produção e de energia. In: Carlesso, R. (Ed) **Irrigação por Aspersão no Rio Grande do Sul.** Santa Maria, RS, 2001. 165 p.

CARDOSO, C. D. V. **Probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica nos solos da região central do Estado do Rio Grande do Sul.** 2005. 165 f. Tese de Doutorado (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

CARSON, M. L. Effects of two foliar pathogens on seed of sunflower. **Plant Disease.** Saint Paul, v. 71, n.6, p. 549-551, Jun. 1987.

CARVALHO, V. P. et al. Desenvolvimento da mancha de Alternária em genótipos de girassol em diferentes épocas de semeadura. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE GIRASSOL, 11., 1995, Goiânia. **Resumos...** Goiânia: EMBRAPA, CNPAF, 1995. p.77.

CASTRO, C. de; FARIAS, J. R. B. **Ecofisiologia do girassol.** In:_____. **Girassol no Brasil.** 1. ed. Londrina: Embrapa Soja, 2005, cap.9,p. 163-218.

CASTRO C. et al. Boro e estresse hídrico na produção do girassol. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 2, mar./abr. 2006.

CHATTOPADHYAY, C. Yield loss attributable to Alternaria blight of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in India and some potentially effective control measures. **International Journal of Pest Management**, London, v. 45, n. 1, p. 15-21, Jan./Mar. 1999.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. Sociedade Brasileira de Ciência do solo. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre, 2004. 400 p.

CONAB. **Décimo segundo levantamento da safra 2007/2008**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2008, 37 p. disponível em : http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/12_levantamento_set2008.pdf. Acesso em: 20 dez. 2008.

COX, W. J.; JOLLIFF, G. D. Growth and yield of sunflower under soil water deficits. **Agronomy Journal**, Madison, v. 78, n. 1, p. 226-230, Jan./Feb. 1986.

DALL'AGNOL, A.; VIEIRA, O. V.; LEITE, R. M. V. B. de C. Origem e histórico do girassol. In: _____. **Girassol no Brasil**. 1. ed. Londrina: Embrapa Soja, 2005, cap.1, p. 1-14.

DAS, N. D. et al. Studies on the progression of Alternaria blight disease, *Alternaria helianthi* (Hansf.) Tubaki and Nishihara of sunflower. **Annals of Plant Protection Sciences**, Amsterdam, v. 6, p. 209-211, 1998.

DAVET, P. et al. **Les Maladies du Tournesol**. Paris. CETIOM, 1991. 72 p.

DEBAEKE, P. et al. Crop management systems for rainfed and irrigated sunflower (*Helianthus annuus*) in south-western France. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 131, n. 2, p. 171-185, Sep. 1998.

DE WOLF, E. D.; ISARD, S. A. Disease cycle approach to plant disease prediction. **Annual Review of Phytopathology**, Dublin, v. 45, n. 1, p. 203-220, Sept. 2007.

DIAS, J. A. A. **Consumo de água do girassol cultivado em evapotranspirômetro de lençol freático constante**. 1995. 50 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Yield response to water**. Roma, 1979. p. 198. (FAO Irrig. and Drain. Paper, n. 33)

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

EMBRAPA **Cultivo do girassol** - Embrapa Soja, 2000. (Sistema de Produção, n.1) Disponível em <http://www.cnpso.embrapa.br/producaogirassol/importancia.htm>. Acesso em: 15/01/2009.

ESTEFANEL, V. et al. Insolação e radiação solar em Santa Maria, RS: I – estimativa da radiação solar global incidente a partir dos dados de insolação. **Revista do Centro de Ciências Rurais**. Santa Maria, v. 20, n. 3-4, p. 203-218, set./dez. 1990.

FAGUNDES, J. D. et al. Crescimento, desenvolvimento e retardamento da senescência foliar em girassol de vaso (*Helianthus annuus* L.): efeito de fontes e doses de nitrogênio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 4, p.987-993, jul/ago, 2007.

FARHATULLAH, F.; KHALIL, I. H. Path analysis of the coefficients of sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids. **International Journal of agriculture and Biology**, Faisalabad, v. 8, n. 5, p. 621-625, 2006.

GARCÍA, B. I. L. **Risco climático de ocorrência da requeima da batata na região dos Andes, Venezuela**. 2005. 132 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

GHEMAWAT, M. S. et al. Yield losses in sunflower due to *Alternaria helianthi* (Hansf.) Tubaki and Nishihara. **Archive für Phytopathologie und Pflanzenschutz**, Berlin, v. 25, p. 541-544, 1989.

GÖKSOY, A. T. et al. Responses of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to full and limited irrigation at different growth stages. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 87, p. 167-178, May 2004.

GOMES, E.M. **Parâmetros básicos para irrigação sistemática do girassol (*Helianthus annuus* L.)**. 2005. 99 f. Tese de doutorado (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

GRASSINI, P. et al. Responses to short-term waterlogging during grain filling in sunflower. **Fields Crop Research**, Amsterdam, v. 101, p. 352-362, Mar. 2007.

GRIMM, E. L. **Efeito de diferentes níveis de irrigação na produtividade e ocorrência de requeima na cultura da batata**. 2007. 70 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

GULYA, T.; RASHID, K. Y.; MASIREVIC, S. M. Sunflower diseases. In: _____. **Sunflower technology and production**. Madison: American Society of Agronomy, 1997. p.263-379.

HAMID M.; JALALUDDIN M. A new report of *Septoria helianthi* leaf spot of sunflower from sindh. **Pakistan Journal of Botany**, Pakistan, v. 39, n. 1, p. 659-660, Feb. 2007.

HELDWEIN, A. B. **Ermittlung der taubenetzung von pflanzenbeständen durch anwendung mikrometeorologischer verfahren sowie mittels konventioneller methoden**. 1993. 206 p. (Tese de Doutorado). Fachbereich Internationale Agrarentwicklung. Technische Universität Berlin, Berlin.

HELDWEIN, A. B. Princípios para implementar alertas agrometeorológicos fitossanitários. In: SIMPÓSIO DE MELHORAMENTO GENÉTICO E PREVISÃO DE EPÍFITIAS EM BATATA, 2006. Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2006. p. 56-89.

HELDWEIN, A. B et al. Princípio para implementar alertas agrometeorológicos e fitossanitários. In: _____. **Usos e benefício da coleta automática de dados meteorológicos na agricultura**. 1. ed. Ed. da UFSM, 2007, cap. 5, p. 115-134.

HLADNI, N. et al. Combining ability for oil content and its correlations with other yield components in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Helia**, Novi sad, v. 29, n. 44, p. 101-110, 2006.

HUBER, L.; GILLESPIE, T. J. Modeling leaf wetness in relation to plant disease epidemiology. **Annual Review of Phytopathology**, Dublin, v. 30, n. 1, p.553-577, Sept. 1992.

JEFFREY, K. K. et al. Effects of isolate virulence, plant age and crop residues on seedling blight of sunflower caused by *Alternaria helianthi*. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 74, n. 9, p. 107-110, Sept. 1984.

KHAN, A. et al. Effect of different water stress levels on yield and oil content of sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars. **Pakistan Journal of Biological Science**, Faisalabad, v. 3, n. 10, p. 1632-1633, Oct. 2000.

KHURANA, S. C.; MCLAREN, J.S. The influence of leaf area, light interception and season on potato growth and yield. **Potato Research**, Netherlands, v. 25, n. 4, p. 329-342, Dec. 1982.

LAZZAROTTO, J. J.; ROESSING, A. C.; MELLO, H. C. O agronegócio do girassol no mundo e no Brasil. In: _____. **Girassol no Brasil**. 1. ed. Londrina: Embrapa Soja, 2005. Cap. 02, p.15-42.

LEITE, R. M. V. B. C. **Doenças do Girassol**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1997. (Circular técnica, n.19)

LEITE, R. M. V. B. C. et al. Reaction of sunflower genotypes to *Alternaria helianthi*, in the State of Paraná, Brazil. **Helia**, Novi Sad, v. 22, p. 152-156, 1999.

LEITE, R. M. V. B. C. **Avaliação de danos e efeito de variáveis ambientais na mancha de alternaria (*Alternaria helianthi*) em Girassol**. 2002. 119 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

LEITE, R. M. V. B. C.; AMORIM, L. Influência da temperatura e do molhamento foliar no monociclo da mancha de alternaria em girassol. **Fitopatologia Brasileira**, Fortaleza, v. 27, n. 2, p. 193-200, maio/ago. 2002a.

LEITE, R. M. V. B. C.; AMORIM, L. Elaboração e validação de escala diagramática para mancha de *Alternaria* em girassol. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 28, n. 1, p. 14-19, jan./mar. 2002b.

LEITE, R. M. V. B. de C. Manejo de doenças no girassol. In: _____. **Girassol no Brasil**. 1. ed. Londrina: Embrapa Soja, 2005, cap.17,p. 501-546.

MADDEN, L. V.; ELLIS, M. A. How to develop plant disease forecasters. In _____. KRANZ, J. (Ed.). **Experimental techniques in plant disease epidemiology**. New York: Springer-Verlag, 1987, cap.13, p.191-208.

MADDEN, L. V.; PENNYPACKER, S. P.; MACNAB, A. A. FAST: a forecast system for *Alternaria solani* on tomato. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 68, n. 9, p. 1354-1358, Sept. 1978.

MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). **Coordenação-Geral de Agrotóxicos e Afins/DFIA/DAS**. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/>>. Acesso em: 15 jan. 2009.

MORAES, S. A; UNGARO, M. R. G.; MENDES, B. M. J. ***Alternaria helianthi* agente causal de doença em girassol**. Campinas: Fundação Cargill, 1983. 20 p.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 46 p.

ORTA, A. H.; ERDEM, T.; ERDEM, Y. Determination of water stress index in sunflower. **Helia**, Novi Sad, v. 25, n. 37, p. 27-38, 2002.

PEREIRA, A. R. et al. **Evapo(transpi)ração** – Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.

PEREYRA, V.; ESCANDE, A. R. **Enfermedades del Girasol en la Argentina**: manual de reconocimiento. Balcarce.: INTA, 1994. 113 p.

REDDY, P. C.; GUPTA, B. M. Physiological studies of *Alternaria helianthi* (Hansf.) Tubaki and Nishihara the incitant of leaf blight of sunflower (*Helianthus annuus* L). **Journal of Turkish Phytopathology**, Izmir, v. 10, p. 25-35, 1981.

REIS, E. M.; BRESOLIN, A. C. R. Sistema de previsão de doenças de plantas. In: REIS, E. L. (Ed.). **Previsão de doenças de plantas**. Passo Fundo: UPF, 2004. Cap.6, p.155-287.

REIS, E. M. **Previsão de doenças de plantas**. Passo Fundo: UPF, 2004, 316 p.

REIS, E. M.; WORDELL FILHO, J. A. Previsão de doenças de plantas. In: REIS, E. L. (Ed.). **Previsão de doenças de plantas**. Passo Fundo: UPF, 2004. Cap.3, p.67-99.

RIBEIRO DO VALE, F. X.; ZAMBOLIM, L. Influência da temperatura e umidade nas epidemias de doenças de plantas. **RAAP**. Passo Fundo, Vol. 4, p. 149-207, 1996.

RIBEIRO, I. J. O. et al. Ocorrência de *Alternaria helianthi* (Hansf.) Tubaki & Nishihara sobre girassol. **Bragantia**, Campinas, v. 33, n. 17, p.81-85, ago. 1974.

SAHU, B.K. et al. Susceptibility of sunflower plants to *Alternaria helianthi* as influenced by plant age. **Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz**, Stuttgart, v. 98, p. 103-106, 1991.

SALUSTIANO, E. M. et al. Patogenicidade de *Alternaria helianthi* (Hansf.) E *Alternaria zinniae* (Pape) ao girassol a partir de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 27, n. 1, p. 138-143, jan./abr. 2005.

SCHNEITER, A.A., MILLER, J.F. Description of Sunflower growth stages. **Crop Science**, Madison, v. 21, n. 6, p.901-903, Nov./Dez. 1981.

SENTELHAS, P. C. et al. Spatial variability of leaf wetness duration in different crop canopies. **International Journal of Biometeorology**, Berlin, v. 49, n. 6, p. 363-370, Jul. 2005.

TRENTIN, G. **Avaliação de sistemas de previsão de ocorrência de *Phytophthora infestans* em batata**. 2006. 100 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

UNGARO, M. R. G. et al., Parâmetros fisiológicos, produção de aquênios e fitomassa de girassol em diferentes épocas de cultivo. **Bragantia**, Campinas, v. 59 n. 2, p. 205-211, 2000.

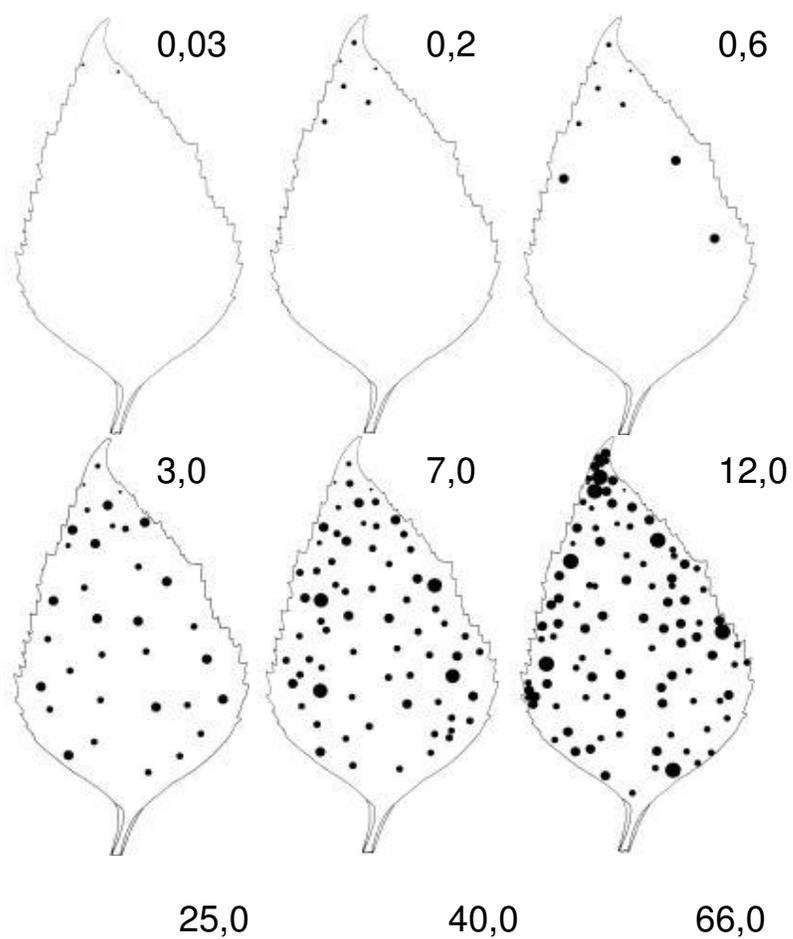
UNGER, P. W. Sunflower. In:_____. STEWART, B. A.; NIELSEN, D. R. (Ed.) **Irrigation of agricultural crops**. Madison: ASA, 1990. p. 775-794. (Agronomy, 30).

VANNOZZI, G. P. et al. Agronomic traits useful in sunflower breeding for drought resistance. **Helia**, Novi Sad, v. 22, n. 30, p.97-124, 1999.

ZIMMER, D. E.; HOES, J. A. Diseases. In:_____. **Sunflower science and technology**. Madison: American Society of Agronomy. 1978. p. 225-262.

7 ANEXO

**ANEXO A - Escala diagramática para avaliação da mancha de *Alternaria* em girassol.
Valores em porcentagem da área foliar com sintomas (lesões necróticas e halo clorótico).
(LEITE; AMORIN, 2002b).**



8 APÊNDICE

APÊNDICE A - Primeiro relato de *Septoria helianthi* em girassol no Brasil

A área de cultivo do girassol tem aumentado em todas as regiões do Brasil, onde algumas apresentam condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento da doença septoriosa. Foram encontrados relatos de *Septoria helianthi* na Europa, Ásia, África, Austrália, América do Norte e América do Sul (BLOCK, 2005). Em condições favoráveis de temperatura e umidade a doença ocasiona perdas consideráveis na produtividade de grãos da cultura.

Sintomas foram observados em plantas de girassol oriundas de dois experimentos, conduzidos na UFSM em Santa Maria, RS, implantados em setembro de 2007 e janeiro de 2008, em praticamente todas as plantas. As plantas no momento da identificação dos primeiros sintomas estavam no estágio V10 (10 folhas com mais de 4 cm de comprimento). Nos sete dias anteriores à verificação dos sintomas, no experimento de safrinha, a temperatura média do ar, o tempo de molhamento médio diário em horas (h) com umidade relativa do ar maior que 90% e a temperatura média durante os períodos com umidade relativa maior que 90% foram de 23,5°C, 11,7h e 20,2°C, respectivamente.

A doença, no início da infecção nas plantas, concentrava-se no terço inferior da parte aérea das plantas. Na medida em que o desenvolvimento das plantas do girassol avançou do estágio reprodutivo R1 para R5.1, conforme escala de Schneiter; Miller (1981), as folhas do terço inferior entraram em senescência e a doença começou a evoluir para as folhas superiores (Figura 1A). Os sintomas constaram de manchas foliares de coloração marrom-escura com formato angular a irregular, no início da manifestação da doença, medindo em torno de 15 mm de diâmetro, concordando com o ocorrido no Paquistão (HAMID; JALALUDDIN, 2007), vindo a coalescer, promovendo a necrose dos tecidos foliares da extremidade apical para o centro da folha (Figura 1B) e fazendo com que a parte necrosada se apresentasse encarquilhada (Figura 1B). Verificou-se a frutificação (picnídio) do fungo (Figura 1C) em microscópio estereoscópio. Em microscópio óptico, observaram-se cirrus (Figura 1D) e conídios (Figuras 1E e 1F) do fungo, com aumentos de 100 e 400 vezes, respectivamente. Os conídios são filiformes e ligeiramente curvados, com aproximadamente 50 a 75 µm de comprimento e apresentam de 3 a 5 septos.

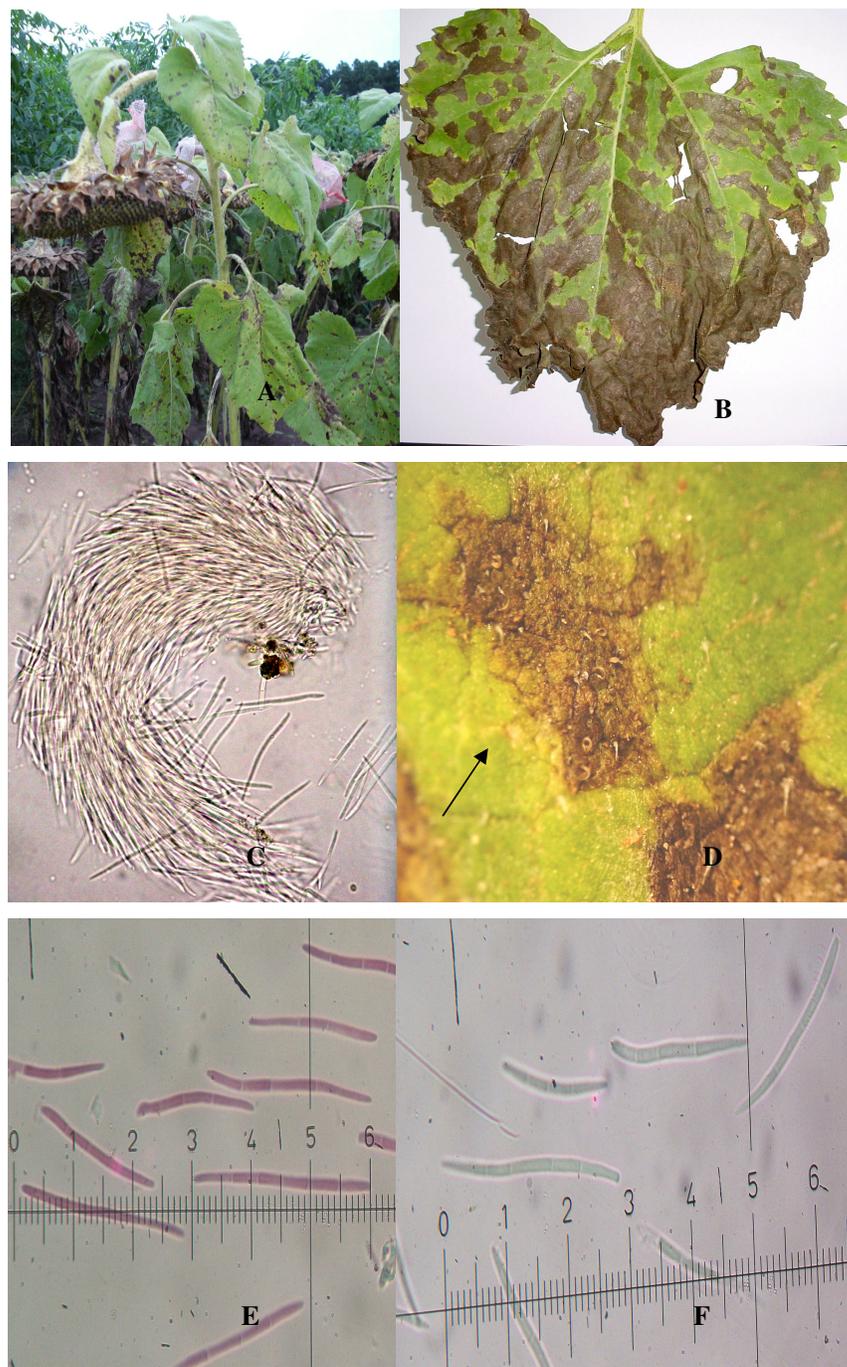


Figura 14 – A. Aspecto de uma planta de girassol com sintomas de septoriose; B. Folha de girassol com sintomas de Septoriose; C. Sintoma verificado em lupa; D. Cirrus de conídios de *Septoria helianthi*; E e F. Conídios vistos em microscópio ótico, com aumento de 400 vezes (a distância entre dois traços na régua equivale a 2,53 µm).

APÊNDICE B - Patologia de sementes de girassol

Foram realizadas avaliações de patologia de sementes de girassol para verificar a possibilidade de transmissão de doenças por sementes, principalmente da septoriose, para os experimentos de campo.

As amostras de girassol foram conduzidas ao Laboratório de Fitopatologia Elocy Minussi do Departamento de Defesa Fitossanitária da Universidade Federal de Santa Maria. Constavam de dois lotes diferentes de cada um dos genótipos Hélio 358 e Aguará 03, sendo o primeiro lote de cada genótipo pertencente às respectivas sementes comerciais semeadas nos experimentos de safra 2007 e safrinha de 2008. O segundo lote de cada genótipo constituiu-se dos respectivos aquênios colhidos na safrinha de 2008.

As sementes foram colocadas em caixas Gerbox, contendo uma folha de papel filtro esterilizada e umedecida com água destilada. Em seguida, as caixas foram colocadas em BOD à temperatura de $20 \pm 2^\circ\text{C}$ com 12 horas de fotoperíodo por um período de sete dias, quando se procedeu a identificação dos patógenos. Para cada lote de cada genótipo foram feitas oito repetições de 25 sementes, que foram analisadas individualmente em microscópio, sendo o resultado expresso em percentagem.

Para verificar a transmissividade do fungo via semente para a plântula foram realizadas semeaduras em bandejas com substrato, sendo utilizadas quatro amostras com quatro repetições compostas de 25 sementes. Após a realização das semeaduras, as bandejas foram acondicionadas em casa de vegetação. A emergência das plântulas foi contada aos 7, 14 e 21 dias após a semeadura (DAS). Aos 21 DAS também foi quantificado o percentual de plantas que apresentavam sintomas de septoriose.

Tabela 14 - Porcentagem de ocorrência de patógenos em sementes de girassol.

Patógeno	Lote				Média
	HL1	HL2	AG1	AG2	
<i>Septoria helianthi</i>	-	-	-	-	-
<i>Alternaria helianthi</i>	-	19,43 b ¹	-	73,50 a	23,23
<i>Aspergillus flavus</i>	56,00a	66,50a	67,50a	28,00 b	54,50
<i>Aspergillus niger</i>	27,43 b	100,00a	24,50 b	-	37,98
<i>Cladosporium</i>	58,67a	4,00 b	10,67 b	4,00 b	19,33
<i>Fusarium spp.</i>	37,33ab	6,86 b	22,00 b	54,29a	30,12
<i>Penicillium spp.</i>	20,00a	10,86a	14,50a	-	11,34
<i>Rhizopus spp.</i>	8,58 b	18,50a	8,57 b	12,80 b	12,11
Outros	-	-	10,00a	6,00 b	4,00
Sementes com radícula	50,50 b	54,50ab	72,50a	69,50ab	61,75

¹Médias seguidas pela mesma letra, em cada linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; * HL1 = sementes de girassol do genótipo Hélio 358 semeado nos experimentos de safra e safrinha; HL2 = aquênios de girassol do genótipo Hélio 358 colhidos no experimento de safrinha de 2008; AG1 = sementes de girassol do genótipo Aguará 03 semeado nos experimentos de safra e safrinha; AG2 = aquênios de girassol do genótipo Aguará 03 colhidos no experimento de safrinha de 2008.

Na tabela 14, observa-se que não foi encontrado o fungo *Septoria helianthi* nas sementes de girassol avaliadas. O fungo com maior percentual de sementes infectadas foi *Aspergillus flavus* com 54,5% das sementes. Outro fato importante, é que só foram encontradas estruturas do fungo *Alternaria helianthi* nos aquênios de girassol colhidos no experimento de safrinha, enquanto nas sementes comerciais, de cujos lotes foram semeados os experimentos de safra e safrinha, não foram observadas estruturas de *Alternaria helianthi* (Tabela 14).

Na Tabela 15, pode ser verificado que não foram encontrados sintomas de septoriose nas plântulas de girassol, mostrando que *Septoria helianthi* é um fungo que não é transmitido pela semente de girassol, sendo o(s) primeiro(s) inóculo(s) para infecção das plantas na área experimental onde foi feita a coleta de aquênios provenientes, por via aérea, de outras áreas cultivadas ou transferidas através de massa vegetal transportada de outras áreas experimentais para a área experimental da UFSM.

Tabela 15 - Percentual de plantas de girassol emergidas aos 7, 14 e 21 dias após a semeadura (DAS) e número de plantas com sintomas de septoriose, em quatro lotes de sementes de girassol.

Lote*	Plantas de girassol emergidas (%)			Plantas com sintomas de septoriose
	7 DAS	14 DAS	21 DAS	
HL1	8	39	69	0
HL2	32	52	56	0
AG1	17	71	88	0
AG2	41	62	76	0

* HL1 = sementes de girassol do genótipo Hélio 358 semeado nos experimentos de safra e safrinha; HL2 = aquênios de girassol do genótipo Hélio 358 colhidos no experimento de safrinha de 2008; AG1 = sementes de girassol do genótipo Aguará 03 semeado nos experimentos de safra e safrinha; AG2 = aquênios de girassol do genótipo Aguará 03 colhidos no experimento de safrinha de 2008.

APÊNDICE C – Produtividade de aquênios de girassol em função do diâmetro de capítulo para o genótipo Hélio 358 (A) e Aguará 03 (B) na safra de 2007 e para o genótipo Aguará 03 na safrinha de 2008 (C).

