

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

**PRODUTIVIDADE, SEVERIDADE DE MANCHA DE
ALTERNARIA E DEFICIÊNCIA HÍDRICA EM
DIFERENTES ÉPOCAS DE SEMEADURA DO
GIRASSOL EM SANTA MARIA - RS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Fabício Ivan Guse

Santa Maria, RS, Brasil

2009

**PRODUTIVIDADE, SEVERIDADE DE MANCHA DE
ALTERNARIA E DEFICIÊNCIA HÍDRICA EM DIFERENTES
ÉPOCAS DE SEMEADURA DO GIRASSOL EM SANTA
MARIA - RS**

por

Fabricio Ivan Guse

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em 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. Dr. Arno Bernardo Heldwein

Santa Maria, RS, Brasil

2009

Guse, Fabricio Ivan, 1984-

G982p

Produtividade, severidade de mancha de alternaria e deficiência hídrica em diferentes épocas de semeadura do girassol em Santa Maria – RS / Fabricio Ivan Guse. - 2010.

50 f. ; il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, 2010.

“Orientador: Prof. Dr. Arno Bernardo Heldwein”

1. Engenharia agrícola 2. Helianthus annuus 3. Épocas de semeadura 4. Balanço hídrico 5. Alternaria helianthi I. Heldwein, Arno Bernardo II. Título

CDU: 633.85

Ficha catalográfica elaborada por
Patrícia da Rosa Corrêa – CRB 10/1652
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Rurais/UFSM

© 2009°

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

Fone (0 xx) 55 9954 8723; End. Eletr: figguse@gmail.com.

**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

**PRODUTIVIDADE, SEVERIDADE DE MANCHA DE ALTERNARIA E
DEFICIÊNCIA HÍDRICA EM DIFERENTES ÉPOCAS DE
SEMEADURA DO GIRASSOL EM SANTA MARIA - RS**

elaborada por
Fabício Ivan Guse

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

COMISSÃO EXAMINADORA:

Arno Bernardo Heldwein, Dr.
(Presidente/Orientador)

Evandro Zanini Righi, Dr.
(UFSM)

Galileo Adeli Buriol, Dr.
(UNIFRA)

Santa Maria, 15 de dezembro de 2009.

OS DEGRAUS

Não desças os degraus do sonho

Para não despertar os monstros.

Não subas aos sótãos - onde

Os deuses, por trás das suas máscaras,

Ocultam o próprio enigma.

Não desças, não subas, fica.

O mistério está é na tua vida!

E é um sonho louco este nosso mundo...

(Mário Quintana)

Dedico a Deus pela vida.

A minha noiva Lisandra Elisa Schwert.

A meus pais Erni Guse e Ilga Guse e meu irmão Mauricio Guse.

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 pelos conhecimentos transmitidos.

Aos professores Sidinei Lopes, Galileo Buriol, Evandro Righi 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 e empenho na condução dos experimentos e pela amizade.

À minha família, em especial ao meu pai Erni Luiz Guse, minha mãe Ilga Arnilda Koch Guse, meu irmão Maurício Marlom Guse, meu sogro Eleutério Laerte Schwert, minha sogra Dora Ilze Schwert e meu cunhado Lázaro David Schwert, mesmo estando distantes, sempre me apoiaram e incentivaram para a realização deste trabalho.

Aos amigos Ivan Carlos Maldaner, Luis Henrique Loose, Aloisio Giovelli, Mateus Bortoluzzi, e, em especial, a Dionéia Daiane Pitol Lucas pela ajuda incansável durante a condução dos experimentos e pela amizade.

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

Aos demais amigos Cleiton Dalla Santa, Leandro Dalbianco, Enéas Konzen, Leandro Lucca e “Jaguari” Bolzan que sempre me incentivaram.

À minha noiva Lisandra Elisa Schwert pelo apoio durante a realização deste trabalho.

E a todas as pessoas que não foram mencionadas, mas de alguma maneira auxiliaram na realização deste trabalho, meus agradecimentos.

Obrigado !

RESUMO

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

PRODUTIVIDADE, SEVERIDADE DE MANCHA DE ALTERNARIA E DEFICIÊNCIA HÍDRICA EM DIFERENTES ÉPOCAS DE SEMEADURA DO GIRASSOL EM SANTA MARIA - RS

AUTOR: FABRÍCIO IVAN GUSE

ORIENTADOR: ARNO BERNARDO HELDWEIN

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 15 de dezembro de 2009.

Neste trabalho objetivou-se determinar a ocorrência de valores de severidade de injúria causada por mancha de alternaria e a ocorrência de deficiência hídrica ao longo do ciclo de desenvolvimento de três genótipos de girassol e sua relação com as condições meteorológicas e quantificar a produtividade final de aquênios e verificar sua relação com a ocorrência de deficiência hídrica e de severidade por mancha de alternaria para os três genótipos de girassol em sete datas de semeadura. Para isso, foram conduzidos experimentos não irrigados em sete épocas de semeadura, distribuídas de agosto de 2007 até fevereiro de 2008, com três diferentes genótipos de girassol. Foram realizadas observações fenométricas, fenológicas e de severidade da mancha de alternaria. Foi calculado o balanço hídrico diário do solo, obtendo-se valores diários da variação de armazenamento de água no solo, da evapotranspiração real da cultura e a deficiência hídrica, a partir de dados obtidos das estações meteorológicas automática e convencional de Santa Maria. Os maiores valores de severidade final foram observados na sexta época para os três genótipos cultivados, mostrando que quanto mais tardia a época de semeadura maior é o risco de ocorrência de mancha de alternaria. Verificou-se que existe estreita relação entre dias de área foliar sadia, área abaixo da curva de progresso da doença, severidade final observada de mancha de alternaria e a produtividade de aquênios de girassol. A maior produtividade para os três genótipos é obtida nas duas primeiras épocas de semeadura, devendo ser evitadas as semeaduras após novembro em Santa Maria-RS.

Palavras-chave: *Helianthus annuus*, épocas de semeadura, balanço hídrico, *Alternaria helianthi*.

ABSTRACT

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

PRODUCTIVITY, ALTERNARIA LEAF SPOT SEVERITY AND WATER STRESS AT DIFFERENT SOWING DATES OF SUNFLOWER IN SANTA MARIA - RS

AUTHOR: FABRICIO IVAN GUSE

ADVISER: ARNO BERNARDO HELDWEIN

Location and Date of Defense: Santa Maria, February 15th, 2009.

This study aimed to determine the occurrence of values of severity of injury caused by alternaria leaf spot and water deficit during the developmental cycle of three genotypes of sunflower and its relationship with meteorological conditions in seven sowing dates. In addition, aimed to quantify the final yield of grain and determine its relationship with water deficit and alternaria leaf spot severity for three sunflower genotypes grown in seven sowing dates. Rainfed experiments with three sunflower genotypes were conducted in Santa Maria monthly planting dates from August 2007 to February 2008. Phenometric, phenological and alternaria leaf spot severity observations were made. The soil water balance was calculated resulting in daily variation of water storage in the soil, the actual crop evapotranspiration and water deficit, based on data obtained with an automatic and a conventional weather stations. The highest values of final disease severity were observed in the sixth planting date for the three genotypes grown, indicating that the later the planting date the greater risk of alternaria leaf spot. There is a close relationship between days of healthy leaf area, area under the curve of progress of the disease, severity of observed final alternaria leaf spot and yield of achenes of sunflower. The highest yield for the three genotypes was obtained in the first two sowing dates and sowing after November should be avoided in Santa Maria-RS.

Keywords: *Helianthus annuus*, sowing seasons, water balance, *Alternaria helianthi*.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Temperatura média, média das máximas e mínimas e temperaturas absolutas máximas e mínimas (A), precipitação e insolação (B) e média da umidade relativa do ar (UR) mínima e média (C) nos 30 decêndios do período experimental referente a sete épocas de semeadura de Girassol, no ano agrícola 2007/2008, em Santa Maria, 2009.255
- Figura 2 – Índice de área foliar (IAF) de genótipos de girassol semeado em diferentes épocas em função do número de dias após emergência (DAE), no ano agrícola 2007/2008, em Santa Maria, 2009.266
- Figura 3 – Fases de desenvolvimento dos genótipos de girassol, Aguará 03 (A), Embrapa 122 (B) e Hélio 358 (C) em função dos dias após a emergência (DAE) para as diferentes épocas de semeadura. (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).288
- Figura 4 – Regressão entre produtividade (P) em função da severidade final observada (SVFO) (a), dias de área foliar sadia (DAFS) (b) e área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) (c) para o genótipo Embrapa 122, Santa Maria, RS, 2009.322
- Figura 5 – Severidade observada (%) por mancha de alternária ao longo do ciclo de desenvolvimento das plantas de girassol das cultivares Aguará 03, Hélio 358 e Embrapa 122 em sete épocas de semeadura (1^a: 31/07/2007; 2^a: 30/08/2007; 3^a: 02/10/2007; 4^a: 06/11/2007; 5^a: 06/12/2007; 6^a: 7/01/2008; 7^a: 06/02/2008), na safra agrícola 2007/08. Santa Maria, RS, 2009.355
- Figura 6 – Precipitação diária e deficiência hídrica acumulada, obtida por balanço hídrico, no ciclo da cultura do girassol, genótipo Aguará 03, nas diferentes épocas de semeadura, em função dos dias após a emergência (DAE), no ano agrícola 2007/08, em Santa Maria, RS, 2009.37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produtividade (kg ha^{-1}) de genótipos de girassol em diferentes épocas de semeadura, em Santa Maria, RS, 2009.	30
Tabela 2 - Severidade final observada (%) em três genótipos de girassol em diferentes épocas de semeadura, em Santa Maria, RS, 2009.	323
Tabela 3 - Área abaixo da curva do progresso da doença em genótipos de girassol em diferentes épocas de semeadura, em Santa Maria, RS, 2009.	333
Tabela 4 - Avaliação de dias de área foliar sadia de genótipos de girassol em épocas épocas de semeadura, em Santa Maria, RS, 2009.	344
Tabela 5 - Diferença entre a produtividade máxima estimada, simulando ausência de deficiência hídrica em todo o ciclo da cultura, e a produtividade real (kg ha^{-1}) de genótipos de girassol em diferentes épocas de semeadura, em Santa Maria, RS, 2009.	388
Tabela 6 - Diferença entre a produtividade máxima estimada, simulando ausência de deficiência hídrica na fase R5.1-R9, e a produtividade real (kg ha^{-1}) de genótipos de girassol em diferentes épocas de semeadura do ano agrícola 2007/2008, em Santa Maria, RS, 2009. .	39

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1 Cultura do girassol.....	12
2.2 Efeito da temperatura no girassol	14
2.3 Disponibilidade hídrica na cultura do girassol.....	15
2.4 Época de semeadura do girassol	16
2.5 Mancha de Alternaria.....	17
2.6 Ciclo da Cultura	19
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	20
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
5 CONCLUSÕES.....	41
6 REFERÊNCIAS	42
7 ANEXO.....	50

1 INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma planta oleaginosa de ciclo anual, da família *Asteraceae*. Em relação à soja, até o final do século 20 vinha sendo cultivado de forma restrita no Brasil por várias questões de ordem técnica e de comercialização, o que diminuía sua competitividade econômica e operacional de produção. Mesmo assim, não deixava de ser uma importante alternativa econômica em sistema de rotação de cultivos, consórcio e sucessão de culturas nas regiões produtoras de grãos (VIEIRA, 2001), não só devido a suas características agronômicas, mas também em função da crescente demanda do setor industrial e comercial por óleo de girassol, da ordem de 13% ao ano a partir da década de noventa (CONAB, 2009). Com a implantação do programa governamental Pró-Biodiesel, as perspectivas econômicas favoráveis são de expansão do cultivo, principalmente, em áreas ou épocas do ano em que, por restrições hídricas, o seu cultivo implica em menor risco do que o da soja.

O girassol produz óleo de qualidade nutricional superior do que a soja e, assim, poderá substituir parte do óleo de soja a ser redirecionado à matriz energética. Outro fator positivo é a possibilidade de inserção da cultura na cadeia produtiva, considerando que utiliza a mesma estrutura disponível para a soja e milho, além de ocupar parte ociosa dos fatores de produção dessas culturas em função da época de semeadura (OLIVEIRA; VIEIRA; LEITE, 2004).

Em 2008 foram importadas 17.556 t de óleo de girassol, além de 1.702 t de sementes, sendo a produção brasileira de 157 mil t de aquênios, com produtividade média de 1.407 kg ha⁻¹ (CONAB, 2009), mostrando a necessidade de aumentar, consideravelmente, a produção nacional para evitar a dependência externa. Segundo Gomes (2005), no Brasil cultivaram-se 11 mil ha em 1997, aumentando para 45 mil ha em 2002 e para 111,6 mil ha na safra 2008/2009 (CONAB, 2009). No Rio Grande do Sul (RS), a significativa expansão do agronegócio do girassol, principalmente no noroeste e centro-oeste desse estado, em parte decorre das frustrações de safra de soja e milho, causadas por estiagem nos anos agrícolas 2004/05, 2005/06 e 2008/09, e por ser também uma alternativa de cultivo para as áreas não contempladas pelo zoneamento agroclimático para soja, principalmente da metade sul do RS.

A época de semeadura é um fator determinante da produção no cultivo do girassol. A semeadura em setembro é a mais adequada no RS, porém quando realizada nessa época ocorre maior atraso na instalação da segunda cultura de verão. Conforme Backes et al. (2008), a época de semeadura é um dos principais fatores de sucesso com essa cultura, pois além de reduzir o risco de prejuízo devido a doenças (LEITE, 2005; SANGOI; KRUSE, 1993), ocorre

variação de resposta ecofisiológica e de rendimento dos diferentes genótipos em função da condição meteorológica na região. Há recomendações gerais para diferentes regiões, indicando a possibilidade de semeaduras de verão e de outono (COSTA; SILVA; RIBEIRO, 2000) e por isso, variam as recomendações da melhor época de semeadura (LEITE, 2005).

As condições meteorológicas, a duração do ciclo e o manejo do solo e da cultura fazem com que o consumo de água pela cultura varie ao redor de 0,5 a 0,7 mm dia⁻¹ durante a fase de semeadura à emergência até 6-8 mm dia⁻¹, na floração e no enchimento de grãos decrescendo até a maturação fisiológica.

As exigências hídricas do girassol são variáveis conforme a densidade de plantas no dossel, o comprimento do ciclo, as condições meteorológicas do decorrer do ciclo e exigência do genótipo.

No RS são poucas as informações detalhadas disponíveis sobre genótipos mais adaptados e épocas de semeadura mais apropriadas para as diferentes regiões, sendo necessárias avaliações sequenciais contínuas de fenologia e fenometria das plantas e de rendimento em aquênios e óleo. Estas devem ser acompanhadas do monitoramento das doenças e das condições meteorológicas, para que se possa determinar o comportamento agrônomo de genótipos e sua adaptação às diferentes condições locais (PORTO et al., 2007). Para isso, são vários os métodos que podem ser empregados para determinação da época de semeadura mais adequada (MARIN; SENTELHAS; UNGARO, 2000), seja por ensaios em campo avaliando variáveis biométricas da cultura, seja por simulações utilizando modelos agrometeorológicos de estimação da produtividade, de ocorrência das doenças (MALDANER, 2009) ou de probabilidade de ocorrência de diferentes níveis críticos e /ou magnitude de determinados elementos meteorológicos.

O aumento da área cultivada com girassol pode ser limitado pela ocorrência de doenças favorecidas por determinadas condições climáticas. A diminuição da área fotossinteticamente ativa do dossel de plantas, causada por lesões foliares e desfolha precoce, causa redução do diâmetro dos capítulos, do número de aquênios por capítulo, do peso dos aquênios e do teor de óleo, além do que, as plantas severamente afetadas pelas doenças, apresentam a maturação antecipada (RIBEIRO et al., 1974).

Segundo Ribeiro et al. (1974), a mancha de alternaria, causada por *Alternaria helianthi* (Hansf.) Tubaki & Nishihara, destaca-se como uma das principais doenças que ocorrem no Brasil, estando presente em todas as regiões, sendo sua primeira ocorrência com respectiva identificação verificada na década de 70. O conhecimento das condições que favorecem o desenvolvimento do fungo e das variáveis meteorológicas ótimas para infecção e

desenvolvimento da doença é fundamental para se delimitar estratégias de controle, que incluem a escolha da época de semeadura da cultura para cada região de cultivo (LEITE, 2002).

O girassol apresenta adaptabilidade a diferentes condições ambientais, sendo conhecido e explorado em cultivos de primavera-verão e/ou outono-inverno, variando com as condições dos locais (SILVEIRA et al., 2005).

Outro fator primordial é a inserção da cultura do girassol no sistema de rotação e sucessão de culturas, aumento da capacidade de aproveitamento do solo, do parque de máquinas e dos fatores de produção e a rentabilidade das propriedades agrícolas (EMBRAPA, 2000).

O objetivo deste trabalho foi determinar a ocorrência de valores de severidade de injúria causada por mancha de alternaria e a ocorrência de deficiência hídrica ao longo do ciclo de desenvolvimento de três genótipos de girassol e sua relação com as condições meteorológicas em sete épocas de semeadura. Além disso, objetivou-se quantificar a produtividade final de aquênios e verificar sua relação com a ocorrência de deficiência hídrica e de severidade de dano por mancha de alternaria para os três genótipos de girassol nas sete épocas de semeadura.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cultura do girassol

O girassol é uma dicotiledônea, pertencente à família *Asteraceae*, gênero *Helianthus*, espécie *Helianthus annuus*. Atualmente, é cultivado em todos os continentes, ocupando uma área de cerca de $18 \cdot 10^6$ ha, a qual se concentra 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, 2000).

O seu cultivo no Brasil iniciou no final do século XIX, durante o período de colonização do sul do país (DALL'AGNOL; VIEIRA; LEITE, 2005). No Rio Grande do Sul, os primeiros cultivos comerciais surgiram no final da década de quarenta. No entanto, a baixa produtividade e a suscetibilidade dos genótipos cultivados à doenças, levaram ao abandono do seu cultivo em larga escala comercial. No final da década de setenta, um estímulo por parte do governo ao uso de óleos vegetais para substituir os derivados de petróleo, surgiu como um incentivo à pesquisa com oleaginosas no Brasil.

A produtividade de girassol alcançou 1800 kg ha^{-1} , em 1980 no oeste do Estado do Paraná, mas logo baixou para 460 kg ha^{-1} , em 1983. Essa redução de produtividade foi causada por doenças fúngicas decorrentes da ocorrência de prolongados períodos de alta umidade no final do ciclo (DALL'AGNOL; VIEIRA; LEITE, 2005), o que novamente freou a expansão da cultura do girassol na região. Porém, na última década a área semeada com girassol aumentou de forma gradual e consistente no Brasil. Na safra 2000/2001 a área cultivada com girassol foi de 37 mil ha, aumentando para 113 mil ha na safra 2007/2008 (CONAB, 2009). O aumento da produção de girassol decorre principalmente do aumento da área de plantio, atingindo em torno de 149,3 mil toneladas na safra 2007/2008 (CONAB, 2009).

A qualidade do óleo de girassol, conferida pela quantidade de óleos essenciais e às características organolépticas, determina a boa demanda de mercado (CARVALHO, 2004). A demanda mundial por óleo de girassol vem crescendo, em média, 1,8% ao ano, mas no Brasil o crescimento foi de 5% em 2002. Atualmente a demanda interna por óleo de girassol cresce, em média, 13% ao ano e, para suprir esta demanda, importa-se óleo, principalmente da Argentina (SMIDERLE; MOURÃO; GIANLUPPI, 2005).

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, 2000). Além de ser usada na forma de óleo para a alimentação e a indústria de biodiesel, farelo ou silagem para a alimentação animal, é também usado como planta ornamental.

Devido a sua adaptação a diferentes condições edafoclimáticas pode ser cultivado no Brasil desde o Rio Grande do Sul até Roraima, sendo o seu rendimento pouco influenciado pela latitude, pela altitude e pelo fotoperíodo, características que tornam essa cultura uma opção viável nos sistemas de rotação e sucessão de culturas nas regiões produtoras de grãos (EMBRAPA, 2000).

A duração de seu ciclo é afetada basicamente pelos elementos meteorológicos, temperatura do ar, radiação solar e fotoperíodo (GOYNE; HAMMER, 1982). No entanto, de acordo com Robinson (1979), o girassol pode ser considerado pouco sensível ao fotoperíodo, por florescer numa larga faixa de comprimento do dia.

No Brasil, a influência do clima na duração do ciclo e dos subperíodos do girassol está relacionada, principalmente, com a temperatura do ar (MASSIGNAM et al., 1993; SENTELHAS et al., 1994). Trabalhos realizados por esses autores expressam essa relação através da soma térmica ou graus-dia, índice que vem sendo largamente utilizado para estimativa da duração do ciclo de diversas culturas em virtude da sua simplicidade, apesar das suas limitações (WANG, 1960).

O girassol se adapta bem em variados ambientes, tolerando temperaturas baixas e períodos de deficiência hídrica. Temperaturas do solo inferiores a 4°C inibem a germinação, mas valores entre 8 a 10°C já são satisfatórios, porém a ocorrência de temperaturas baixas durante a germinação retarda a emergência, podendo trazer prejuízos no vigor e na população das plantas. Em solos com adequadas condições de estrutura, aeração e disponibilidade hídrica, a temperatura é o fator que mais influencia a germinação de sementes de girassol, que é inibida com temperaturas de solo inferiores a 3 – 4 °C (CASTRO; FARIAS, 2005). Em cultivos realizados no Rio Grande do Sul, semeados no mês de julho, a emergência prolongou-se por até 15 dias, enquanto que em Roraima, semeados em junho/julho, a emergência ocorreu a partir de três dias após a semeadura (CASTRO; FARIAS, 2005).

A faixa de temperatura de 8 a 34°C é tolerada pelo girassol sem redução expressiva da produção, desde que a radiação solar e a disponibilidade hídrica não sejam limitantes durante o período crítico, que compreende o florescimento e enchimento de aquênios (WEISS, 1983).

A temperatura ideal para o desenvolvimento situa-se em torno de 28°C, enquanto temperaturas acima de 35°C reduzem o teor de óleo.

2.2 Efeito da temperatura no girassol

Durante as fases iniciais de desenvolvimento, até os estágios de quatro a oito folhas, as plantas podem suportar temperaturas baixas por curto período (CASTRO; FARIAS, 2005). Porém, abaixo de 4 a 5°C, não há atividade fisiológica e podem ocorrer distúrbios fisiológicos, como deformação de folhas e morte da gema apical, provocando ramificação da inflorescência. Temperaturas baixas originam plantas menores, com menor área foliar, menor número de aquênios e, conseqüentemente, menor potencial produtivo. Temperaturas baixas, tempo nublado e úmido prolongam o ciclo da cultura, atrasando a floração e a maturação (CASTRO; FARIAS, 2005).

A duração do ciclo da cultura se comporta de acordo com o conceito de graus-dia. Esse conceito se baseia no fato que a planta necessita de determinada quantidade de energia, representada pelo somatório de temperaturas acima de um valor base, para completar determinada fase fenológica ou o ciclo total da cultura.

A temperatura base de uma cultura é definida como a temperatura abaixo da qual a planta não se desenvolve ou, quando o faz, é em proporções muito reduzidas (MASSIGNAM, 1987). De acordo com Sentelhas et al., (1994), a temperatura base do girassol é 4,2°C. No entanto Massignam; Angelocci (1993), verificaram que a temperatura base tem valores distintos para cada sub-período de desenvolvimento do girassol.

ROBINSON et al. (1967), obtiveram uma temperatura-base de 7,2°C para os subperíodos semeadura-emergência, emergência-floração e semeadura-floração do girassol. GOYNE; WOODRUFF; CHUR-CHETT (1977) encontraram valores de -1,6; -1,3 e 1,4°C para o híbrido Sunflora 68-2, e -5,9; -4,9 e 5,3°C para Hissun 30, respectivamente. A temperatura é a variável com maior influência na duração das fases da emergência à floração do girassol (MASSIGNAM, 1987). No entanto, durante o sub-período floração-colheita o desenvolvimento tem baixa correlação com a temperatura do ar (MASSIGNAM; ANGELOCCI, 1993).

2.3 Disponibilidade hídrica na cultura do girassol

O consumo de água pela cultura do girassol varia em função das condições meteorológicas, da duração do ciclo e do manejo do solo e da cultura. O consumo de água aumenta com o crescimento da planta, com valores iniciais ao redor de 0,5 a 0,7 mm dia⁻¹ durante a fase de semeadura à emergência, para um máximo de 6 a 8 mm dia⁻¹, na floração e no enchimento de grãos e reduzindo-se posteriormente até alcançar um mínimo na maturação fisiológica. As fases de desenvolvimento da planta mais sensíveis ao déficit hídrico são do início da formação do capítulo ao começo da floração e período imediatamente após a floração, durante o enchimento de aquênios (VRÂNCEANU, 1977). Assim, a ocorrência de déficit hídrico durante a floração e enchimento de grãos, afeta intensamente a produção de aquênios e o teor de óleo.

As exigências hídricas do girassol precisam ser melhor definidas, pois dependem do genótipo, da densidade de plantas no dossel, do comprimento do ciclo, e principalmente das condições meteorológicas do decorrer do ciclo. O suprimento de 500 a 700 mm de água resulta em rendimentos próximos ao máximo (UNGER, 1990).

Castro et al. (1996) consideram como a fase mais crítica ao déficit hídrico o período compreendido entre cerca de 10 a 15 dias antes do início do florescimento e 10 a 15 dias após o final. O florescimento é a fase mais sensível ao déficit hídrico. Portanto, em caso de provisão complementar de água por irrigação, esta deve ser programada priorizando este período.

Quando a cultura é submetida a um déficit hídrico permanente, as perdas no rendimento são devidas mais à redução do número de aquênios cheios por capítulo, do que pelo peso médio dos mesmos (CASTRO; FARIAS, 2005). Porém, o tamanho de capítulo é um bom parâmetro para avaliar o desenvolvimento das plantas e a produtividade, sendo também afetado pela deficiência hídrica (GOMES; UNGARO; VIEIRA, 2003), enquanto o peso médio dos aquênios nem sempre apresenta relação com a produtividade total.

Na metade sul do Rio Grande do Sul (sul do paralelo 30° S) chove menos que na metade norte (norte do paralelo 30° S). Ao sul de 30° S são registradas precipitações pluviais normais anuais, inferiores a 1.500 mm e na metade norte do Estado os totais anuais são superiores a 1500mm (ÁVILA et al., 1996; BERLATO; FONTANA; PUCHALSKI., 2000). A precipitação pluvial normal do trimestre dezembro, janeiro e fevereiro, varia de aproximadamente 250 a 350 mm (BERLATO, 1992). Essa precipitação pluvial não atende à

demanda evaporativa da atmosfera da estação de verão e, conseqüentemente, na metade sul do Rio Grande do Sul ocorre deficiência hídrica.

Além disso, a precipitação apresenta grande variabilidade interanual o que determina uma grande dependência da produção em relação a época de semeadura em cada ano e exige determinação mais complexa feita por análise numérica de probabilidade para definir as épocas de semeadura de menor risco.

Um dos índices amplamente utilizados para caracterização da disponibilidade hídrica climática para estudos de relação clima-planta, é o que relaciona a evapotranspiração real (ETR) com a evapotranspiração potencial (ETP) ou evapotranspiração de referência (ETo) ou, ainda, evapotranspiração máxima (ETm). A relação ETR/ETm^{-1} pode ser utilizada para estimar a redução da produção devido ao estresse hídrico, dado pelo coeficiente de redução de produtividade (Ky) sugerido por (DOREMBOS; KASSAM, 1979).

Sionit; Ghorashi; Kheradnan (1973) salientam a importância da umidade do solo no desenvolvimento da cultura do girassol e no seu rendimento, ressaltando que a produção e a qualidade de grãos são negativamente afetados, ainda que o déficit hídrico na zona radicular seja pequeno, e que o rendimento máximo é alcançado quando o solo encontra-se em capacidade de campo, evidenciando a importância da época de semeadura sobre o rendimento das culturas. O principal fator que limita o crescimento das culturas é a disponibilidade hídrica no solo.

O girassol é uma planta capaz de transpirar abundantemente em situações de disponibilidade hídrica não limitante, o que a torna pouco eficiente no consumo de água nessa condição, ou seja, para cada 2g de matéria seca produzidas pela cultura é gasto um litro de água (UNGER, 1990). No entanto, sob estresse hídrico proporcionalmente a produção é menos reduzida do que outros cultivos, e por isso apresenta coeficiente de redução de produtividade (ky) menor do que o milho e a soja, por exemplo.

2.4 Época de semeadura do girassol

A época de semeadura adquire especial importância, por poder agregar os efeitos relacionados à disponibilidade hídrica e à fitossanidade. Os períodos favoráveis de semeadura de girassol indicam os meses com menor probabilidade de frustração de safras, que no caso do RS são agosto e setembro. Além da disponibilidade de nutrientes e água no solo, outros

fatores, como a temperatura e a umidade relativa do ar, em fases importantes para a ocorrência de doenças, devem ser considerados para avaliar a viabilidade da exploração racional e econômica do girassol.

A escolha da época de semeadura é fundamental para que a planta se desenvolva nas melhores condições meteorológicas durante o seu ciclo de desenvolvimento. Segundo Farias et al. (2001), através do histórico climático da região, podem-se definir os períodos de semeadura em que ocorram as condições adequadas de temperatura e de suprimento de água durante toda a estação de crescimento da cultura do girassol.

A semeadura no Estado do Paraná pode ser realizada em duas épocas, de agosto a setembro e de janeiro a fevereiro (SILVEIRA et al., 2005), possibilitando o cultivo em épocas distintas as destinadas à produção da cultura principal. Para a safrinha a época de semeadura não deve ultrapassar meados de março, devendo-se optar por genótipos de ciclo precoce, para evitar baixas temperaturas no final do ciclo (LEITE, 2005).

Há poucas informações disponíveis sobre cultivares adaptadas e épocas de semeadura apropriadas para as diferentes regiões. Neste sentido, a época de semeadura é um dos principais fatores de sucesso da cultura. Há recomendações gerais para diferentes regiões, indicando a possibilidade de semeaduras de verão e de outono (COSTA; SILVA; RIBEIRO, 2000).

2.5 Mancha de Alternaria

Um dos fatores limitantes ao desenvolvimento da cultura do girassol é a ocorrência de doenças, pois a planta é hospedeira de mais de 35 microrganismos fitopatogênicos, a maioria fungos, que podem reduzir significativamente a produção e a qualidade dos aquênios (LEITE, 2005).

No Brasil, várias doenças são relatadas atacando a cultura do girassol, porém a mais importante é a mancha de alternaria, causada pelo fungo *Alternaria helianthi* (Hansf.) Tubaki e Nishihara, identificada no Brasil na década de 70 (RIBEIRO et al., 1974). A presença de mancha de alternaria vem sendo relatada em países da América do Norte e da África, Argentina, Japão, Austrália, Sérvia e Montenegro (LEITE, 2005). Ocorre no girassol cultivado em áreas de clima subtropical úmido, condição predominante nas regiões produtoras

do Brasil e por isso está presente em todas as regiões e em todas as épocas de semeadura (LEITE, 2005).

A doença afeta a planta pelo comprometimento de sua área foliar, devido a formação de manchas foliares e posterior desfolha precoce, resultando na redução da fotossíntese, e conseqüentemente do diâmetro dos capítulos, do número de aquênios por capítulo, do peso de 1000 aquênios e do teor de óleo (LEITE, 1997), além do que as plantas severamente afetadas antecipam sua maturação fisiológica (LEITE, 2005).

Os sintomas iniciam com pequenas pontuações necróticas com cerca de 3 mm a 5 mm de diâmetro, com coloração variável de castanho a negra com formato arredondado a angular, com halo clorótico, apresentando lesões formando círculos concêntricos. Quando essas lesões coalescem, formam áreas maiores de tecido necrosado, provocando a desfolha precoce (MALDANER, 2009).

Os sintomas surgem inicialmente nas folhas primeiramente emitidas pela planta, alastrando-se posteriormente aos níveis mais altos da planta até incidir no capítulo. Em plantas adultas colonizam as brácteas e o receptáculo floral, podendo até causar a podridão do capítulo (LEITE, 2005). As plantas de girassol são suscetíveis durante todos os estágios de desenvolvimento, sendo o período de maior suscetibilidade compreendido desde o surgimento das anteras até o enchimento de aquênios (SAHU; GHEMAWAT; AGRAWAT, 1991).

Segundo Gulya; Rashid; Masirevic (1997), o patógeno causador de mancha de alternaria pode ser transmitido pela semente, sendo constatada sua presença internamente e no tegumento. 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 (LEITE et al., 2005). 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).

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).

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).

A densidade relativa de lesões é maior na temperatura de 25°C, ocorrendo aumento na severidade até 30°C. A temperatura mínima de desenvolvimento da doença situa-se em torno de 12°C e a máxima em cerca de 37°C, sendo a temperatura ótima para estabelecimento da doença em torno de 25°C e 24 horas de molhamento foliar (LEITE; AMORIM, 2002a).

Os danos causados pela mancha de alternaria dependem da fase em que a planta foi infectada e das condições meteorológicas do momento. Reddy e Gupta (1981) avaliaram a infecção natural de plantas de girassol por *A. helianthi*, com variação na intensidade da doença, na qual houve redução na produtividade entre 11,3% a 73,3%, evidenciando relação entre severidade da doença e dano. Allen; Kochman; Brown (1981), comparando parcelas de girassol inoculadas com *A. helianthi* e parcelas sadias, onde foi realizado o controle químico, verificaram um aumento de rendimento de óleo em 28% em consequência do maior número de aquênios por capítulo.

2.6 Ciclo da Cultura

A duração dos estágios fenológicos e o ciclo total, da semeadura à maturação fisiológica, são dependentes das condições meteorológicas ocorridas durante o desenvolvimento da cultura.

Mello et al. (2006), trabalhando com a cultivar BRS-391 em Santa Maria no Estado do Rio Grande do Sul, obtiveram ciclos de 90 a 95 dias em semeaduras de outubro, novembro e dezembro de 2001. Enquanto que Smiderle; Mourão; Gianluppi (2005), conduzindo um trabalho nos cerrados de Roraima, com o mesmo genótipo em quatro épocas de semeadura, entre o final de maio e o início de julho de 2002, obtiveram um ciclo total da cultura que variou de 58 a 76 dias. Os autores atribuíram a redução do ciclo, principalmente ao efeito da temperatura durante o cultivo e à alta luminosidade ocorrente.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Conduziu-se um experimento de sete épocas de semeadura de girassol na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), situada no centro da região fisiográfica da Depressão Central do 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, caracterizado como subtropical úmido com verões quentes, sem estação seca definida (MORENO, 1961). Conforme Heldwein; Buriol; Streck (2009), a temperatura média do mês mais quente é de 24,7°C e a do mês mais frio é 13,8 °C, enquanto a média das temperaturas máximas aumenta de 19,4 para 30,7 °C de julho para janeiro e, nesse mesmo período a média das temperaturas mínimas aumenta de 9,8 para 19,7 °C. O solo do local é classificado como Argissolo Vermelho distrófico arênico (EMBRAPA, 2006), pertence a uma transição entre a Unidade de Mapeamento “São Pedro” e a “Santa Maria” (BRASIL, 1973).

As semeaduras foram realizadas nas datas de 31/07/2007 (época 1), 30/08/2007 (época 2), 02/10/2007 (época 3), 06/11/ 2007 (época 4), 06/12/2007 (época 5), 07/01/2008 (época 6) e 08/02/2008 (época 7). Para obter o arranjo de plantas desejado, utilizou-se alta densidade de sementes em linhas de semeadura, que foram espaçadas 0,90 m entre si, promovendo-se o desbaste quando estas apresentavam duas folhas, de modo a obter um espaçamento de 0,25 m entre plantas na fileira e uma densidade de plantas de 44.444 plantas por hectare. A adubação foi realizada segundo a recomendação para a cultura (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC, 2004).

Os genótipos utilizados foram Aguará 03, Helio 358 e Embrapa 122, de ciclo precoce, visando obter subsídios para a utilização desses na rotação de culturas. As sete épocas de semeadura constaram dos tratamentos com quatro repetições de cada genótipo em cada época, sendo o delineamento experimental utilizado o de blocos ao acaso, em esquema fatorial, com quatro repetições. O fator A englobou as sete épocas de semeadura e o fator B os três genótipos.

As medições fenométricas de largura de cada folha (L, em cm) foram realizadas semanalmente em 24 plantas por época. A área foliar de cada folha (AF, em cm²), foi determinada pelo modelo $AF=1,7582*(L)^{1,7069}$ (MALDANER et al., 2009), por ser a largura da folha a variável que melhor estima a AF em comparação com o comprimento da folha (C) ou com o produto L vezes C (MALDANER et al., 2009).

As observações fenológicas foram realizadas a cada 3 dias, sendo observadas as datas de ocorrência da sementeira (S), emergência das plantas (E), botão floral visível (R1), botão floral com menos de 2 cm de distância em relação a última folha (R2), início da floração (R5.1), final da floração-início do enchimento de aquênios (R6) e maturação fisiológica (R9). Para a determinação desses estágios fenológicos foram utilizados os critérios descritos por Schneiter e Miller (1981).

As observações de severidade da doença foram realizadas por meio do método direto de avaliação dos sintomas da ocorrência da doença. Ao avaliar a severidade, determinou-se a porcentagem da área de tecido doente (sintomas e/ou sinais visíveis), sendo que os critérios utilizados na observação da severidade nas plantas seguiram a escala diagramática publicada para a cultura do girassol (LEITE; AMORIN, 2002b)(Anexo A).

As observações de severidade foram realizadas semanalmente em quatro plantas marcadas por parcela, totalizando 48 plantas em cada época, dividindo-se a altura total das plantas em três frações aproximadamente iguais, que foram separadas e avaliadas em nível inferior, mediano e superior das plantas. A média dos três níveis representou a severidade observada na planta, a média das quatro plantas representou a severidade da parcela e, por fim, a média de severidade de quatro parcelas representou a severidade em cada genótipo, sendo que o tratamento consistiu da severidade observada durante todo o período da cultura (severidade por época).

Obtidos os dados médios da severidade observada de cada tratamento, determinou-se a severidade final observada (SVFO) e a duração da área foliar sadia (DAFS), obtida a partir da integração do índice de área foliar de folhas sadias, conforme Waggoner; Berger (1987). A partir das curvas de progresso da doença, calculou-se a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), a partir da integração das curvas de progresso da doença e da duração da área foliar sadia. A AACPD e a DAFS foram calculadas conforme descrito por Campbell e Madden (1990), pelas equações 1 e 2, respectivamente:

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

$$DAFS = \sum_{i-1}^{n_0-1} \left[\frac{IAF_i \left(1 - \frac{x_i}{100} \right) + IAF_{i+1} \left(1 - \frac{x_{i+1}}{100} \right)}{2} \right] (t_{i+1} - t_i) \quad (2)$$

em que, n é o número de avaliações, x a severidade da mancha de alternaria em %, ($t_{i+1} - t_i$) representam o intervalo de tempo entre as avaliações consecutivas de severidade, IAF_i é o índice de área foliar no tempo i . Os valores de AACPD foram padronizados, dividindo-se cada valor pelo número de dias da epidemia. O processamento e a análise estatística dos dados foram realizados através de regressões lineares e não lineares entre as variáveis, severidade final observada (SFO), AACPD e DAFS com a produtividade da cultura nas diferentes épocas de semeadura. Os resultados obtidos nos diferentes tratamentos foram submetidos à análise de variância pelo teste de F e a diferença entre as médias foi comparada pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro. Para essas análises estatísticas, os valores de severidade foram transformados em $\arcsen(0,01x)^{-0,5}$.

Plantas daninhas e pragas foram controladas sempre que necessário de modo que não interferissem na produtividade de aquênios. Para não correr o risco de ocorrer danos causados por pássaros, os capítulos foram envoltos por sacolas de malhas plásticas quando estes se encontravam no início da maturação fisiológica.

O balanço hídrico no solo foi calculado em escala diária, obtendo-se valores diários da variação de armazenamento de água no solo (ΔArm), da evapotranspiração real da cultura (ET_{Rc}) e da deficiência hídrica (DH), para uma capacidade de armazenamento de água disponível no solo de 65 mm, conforme Cardoso (2005). Para isso, os dados meteorológicos de radiação solar global incidente, temperatura e umidade do ar e velocidade do vento a 2 metros de altura foram obtidos da estação meteorológica automática e os de precipitação e de insolação da estação meteorológica convencional de Santa Maria, ambas pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e instaladas a cerca de 100m da área experimental.

A evapotranspiração da cultura (ET_m; mm dia⁻¹) foi calculada com os coeficientes de cultura (K_c) para cada fase de desenvolvimento das plantas de girassol de cada respectiva época de semeadura e a evapotranspiração de referência (ET_o; mm dia⁻¹), estimada pelo método de Penman-Monteith, conforme Pereira et al. (1997). Os valores de K_c utilizados foram (DOOREMBOS; KASSAM, 1979): a) 0,30 na fase de desenvolvimento S-E e no estágio R9; b) 1,0 na fase R2-R6; c) interpolado-se entre 0,30 e 1,0 na fase E-R2 e entre 1,0 e 0,3 na fase R6-R9, proporcionalmente ao número de dias da duração desses duas respectivas fases.

Para estimar a produtividade máxima (Y_{max}), simulando a condição de ausência de deficiência hídrica, foi utilizado um coeficiente de redução do rendimento em função do fator deficiência hídrica (K_y) (DOOREMBOS; KASSAN, 1979). Os valores de K_y variam em

função do estágio de desenvolvimento da cultura do girassol. Para este trabalho utilizaram-se os coeficientes K_y considerando a deficiência hídrica total do ciclo de desenvolvimento como um todo ou simplesmente o efeito da deficiência hídrica na fase de desenvolvimento do início da floração até a maturação fisiológica (R5.1-R9). Assim, na estimativa da Y_{max} integral de todo o ciclo utilizou-se K_y de 0,95. Para o cálculo do Y_{max} considerando somente o efeito de redução do rendimento da deficiência hídrica apenas da fase R5.1-R9, foram utilizados os valores de K_y de 1,0 e 0,8 para as subfases R5.1-R6 e R6-R9 (DOOREMBOS; KASSAN, 1979), respectivamente, sendo então somados os dois respectivos acréscimos de Y_{max} parciais das duas subfases, para então obter o Y_{max} da fase R5.1-R9. Após foi calculado o Y_{max} para o ciclo total e o Y_{max} para a fase R5.1-R9 de cada genótipo em cada época de semeadura. Dos valores de Y_{max} estimados foram subtraídos os respectivos valores de produtividade real (Y_{real}), obtida nos experimentos a campo relativas aos três genótipos e diferentes épocas de semeadura, para obtenção da diferença de produtividade.

Para a estimativa de Y_{max} reorganizou-se a equação de cálculo do K_y (DOOREMBOS; KASSAN, 1979), conforme a equação 3:

$$Y_{max} = \frac{Y_{real}}{1 - [(DH * ET_m^{-1})K_y]} \quad (3)$$

Procedeu-se manualmente a colheita dos capítulos, a separação dos aquênios do receptáculo, bem como a limpeza dos mesmos. A produtividade foi avaliada pela pesagem dos aquênios de dez capítulos por parcela útil (2,5 m²) e extrapolada para a área de um hectare, comparando-se as médias pelos procedimentos estatísticos usuais de análise de variância, sendo os resultados obtidos nos diferentes tratamentos submetidos a análise de variância e as médias comparada pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Para as análises estatísticas utilizou-se o software SAS (Statistical Analysis System)(SAS, 1992).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 são apresentados os valores decendiais dos principais elementos meteorológicos determinantes da produção da cultura do girassol, ocorridos ao longo de todo o período experimental, que abrangeu o ciclo de desenvolvimento das plantas das sete épocas de semeadura. Verifica-se que, do segundo ao nono decêndio, a insolação e a temperatura foram mais baixas, enquanto que a precipitação e a umidade relativa do ar foram mais altas, o que, conforme Heldwein; Buriol; Streck (2009), é comum acontecer nessa época do ano (agosto e setembro), em Santa Maria, RS. Entre o décimo e o vigésimo quinto decêndio, as condições térmicas, de umidade do ar e de insolação foram mais favoráveis à cultura do girassol, mas a precipitação apresentou períodos de insuficiência, o que será discutido com mais detalhamento com o auxílio dos dados resultantes do balanço hídrico diário e sua relação com a produção.

Os genótipos utilizados apresentaram características fenométricas diferentes conforme a época de semeadura (Figura 2). Nas diferentes épocas observa-se que o genótipo Aguará 03 apresentou maior IAF, com exceção da época 1 em que o genótipo Hélio 358 apresentou IAF similar (Figura 2). Os maiores valores de IAF máximo foram de 3,14 aos 69 DAE e de 3,31 aos 46 DAE obtidos nas épocas 2 e 5 para o genótipo Aguará 03 (Figura 2), porém na época 5 o decréscimo do IAF foi mais acelerado, provavelmente por senescência antecipada por causa das doenças. Nas diferentes épocas de semeadura observa-se que o IAF máximo foi obtido por volta dos 60 DAE, o que coincide com o início do florescimento do girassol (R5.1) (Figura 3). A partir desse estágio, o IAF apresentou decréscimo devido, principalmente, à senescência natural das folhas basais, em função do sombreamento causado pelas folhas, caules e capítulos em formação e crescimento na parte superior da parte aérea das plantas de girassol. O genótipo Embrapa 122 apresentou IAF menor do que os outros dois genótipos nas diferentes épocas de semeadura, o que pode ser devido a menor vigor genético para crescimento, por ser um genótipo de polinização aberta.

A duração do ciclo e das fases de desenvolvimento (EM-R1, R1-R2, R2-R5.1, R5.1-R6 e R6-R9) variou entre épocas de semeadura, bem como entre os genótipos nas diferentes épocas (Figura 3). A maior duração do ciclo foi verificada na época 1, com 125, 111 e 113 dias para o genótipo Aguará 03, Embrapa 122 e Hélio 358, respectivamente. A menor duração do ciclo foi obtida na época 5 para os três genótipos, com apenas 80, 77 e 77 dias para o genótipo Aguará 03, Embrapa 122 e Hélio 358, respectivamente (Figura 3). Essa variação de duração do ciclo das mesmas cultivares em diferentes épocas de semeadura é devido as

diferentes temperaturas e insolação, o que tem influência direta na soma térmica das plantas nas épocas.

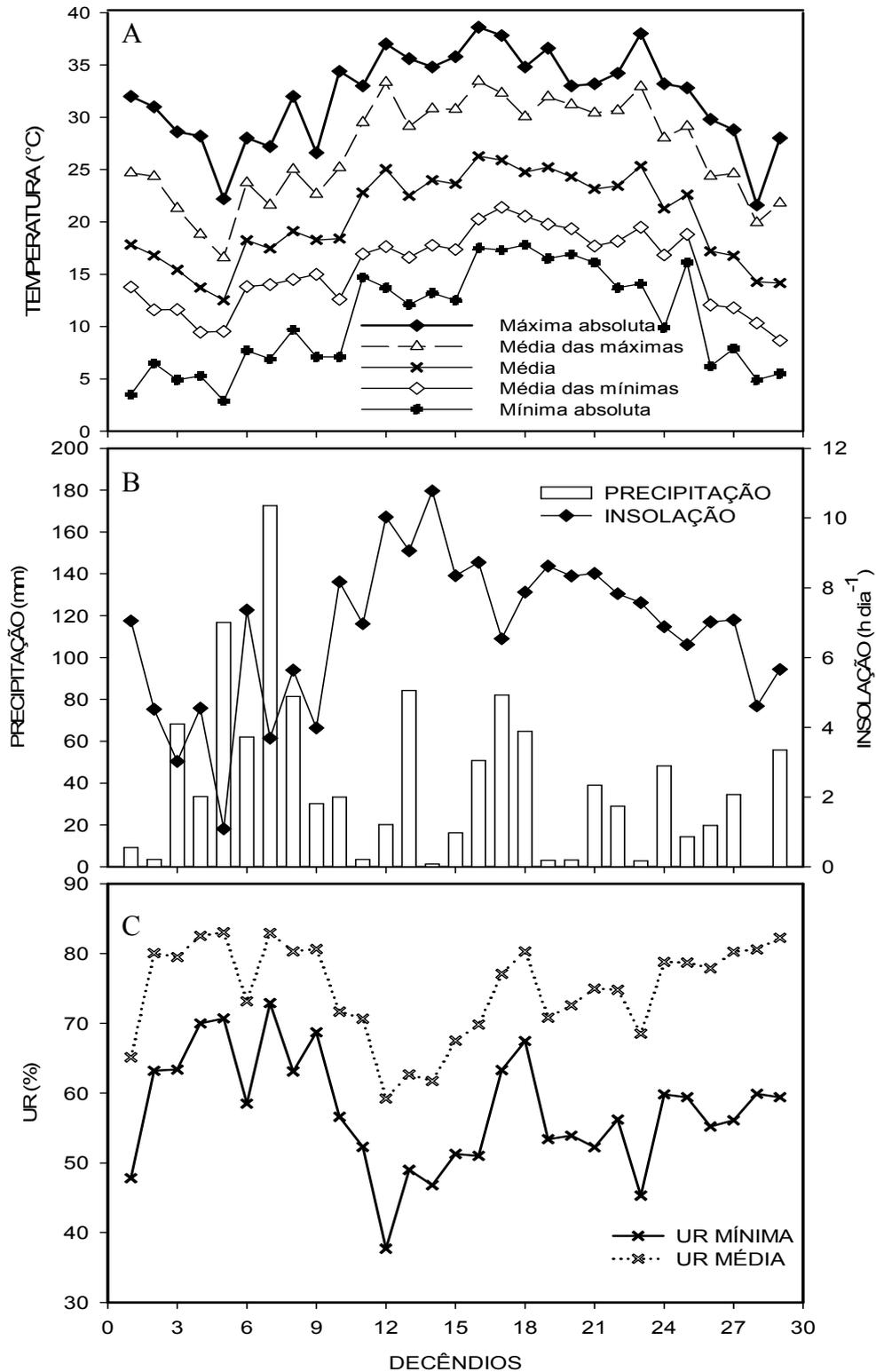


Figura 1 – Temperatura média, média das máximas e mínimas e temperaturas absolutas máximas e mínimas do ar (A), precipitação total e insolação média (B) e média da umidade relativa do ar (UR) mínima e média (C) nos 30 decêndios do período experimental que abrange as sete épocas de semeadura de Girassol, no ano agrícola 2007/2008, em Santa Maria, 2009.

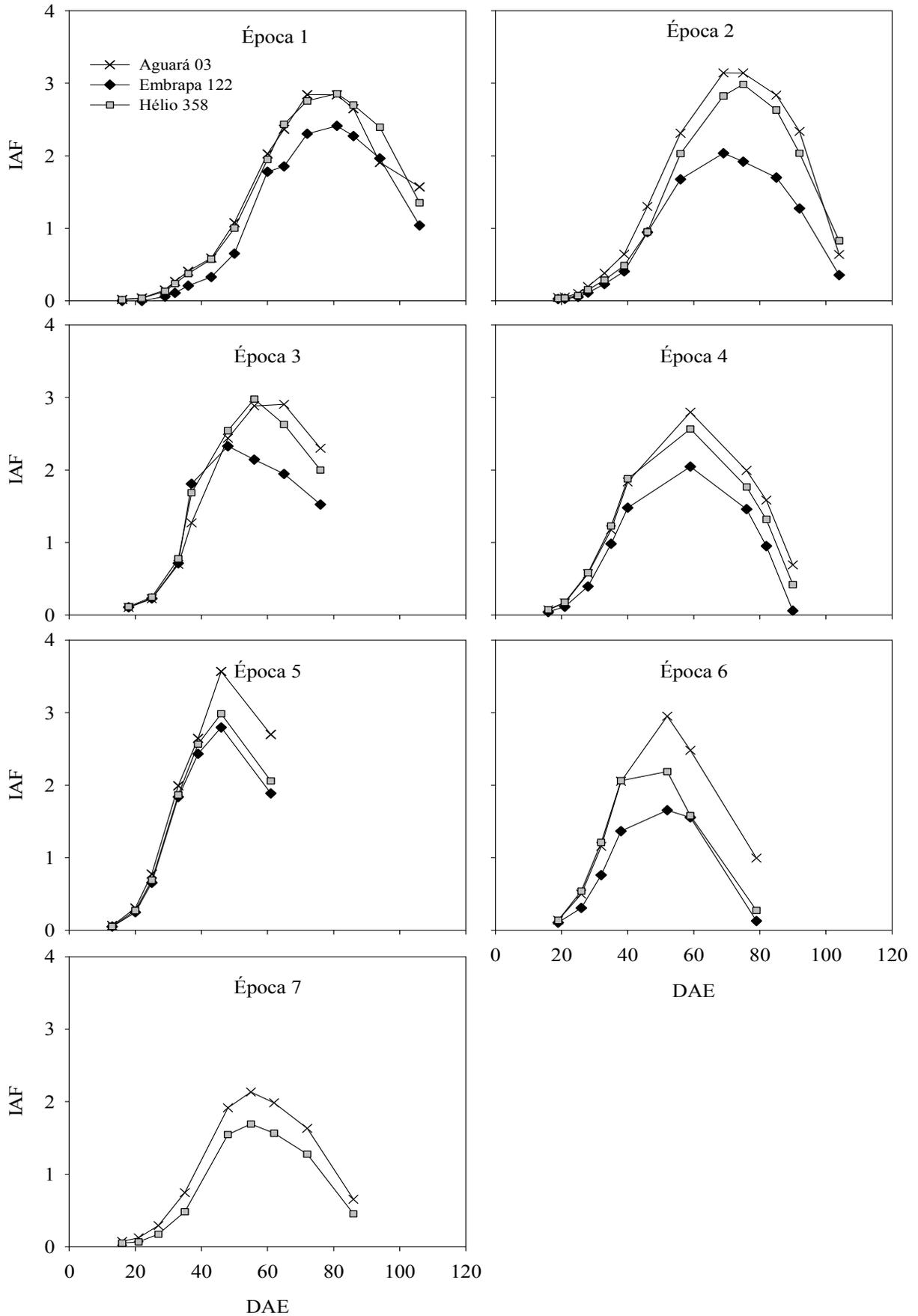


Figura 2 – Índice de área foliar (IAF) de genótipos de girassol semeados em diferentes épocas em função do número de dias após emergência (DAE) no ano agrícola 2007/2008, em Santa Maria, 2009.

O período vegetativo (EM-R1) foi o mais longo em todas as épocas de semeadura, variando de 60 a 37 dias para o genótipo aguará 03 na época 1 e 5, respectivamente. Nesse sentido, a variação do ciclo total do girassol ocorreu principalmente no período vegetativo (EM-R1) e se deve basicamente as diferenças de temperatura e a decorrente soma térmica. No caso da época 1, que foi semeada em início de agosto, durante a fase vegetativa, as temperaturas foram mais baixas (Figura 1), enquanto que, na época 5, semeada em início de dezembro, as temperaturas foram as mais elevadas durante todo o período experimental (Figura 1). Do 12º ao 18º decêndio, período em que as plantas da época 5 se encontravam na fase vegetativa, ocorreram as maiores médias de temperatura de todo o período experimental. Com isso as plantas de girassol acumularam mais rapidamente a soma térmica necessária para entrar na fase reprodutiva.

Na fase reprodutiva do girassol (R5.1-R9) ocorreu apenas pequena variação entre as diferentes épocas de semeadura (Figura 3). Nessa fase do ciclo de desenvolvimento do girassol é importante que não ocorram problemas com deficiência hídrica e/ou que afetem a sanidade das plantas, pois um déficit hídrico ou uma redução da área foliar fotossinteticamente ativa podem reduzir a produtividade significativamente e o teor de óleo nos aquênios (KHAN et al., 2000; ORTA; ERDEM; ERDEM, 2002), além de antecipar a senescência das folhas e antecipar a maturação. Na fase de R5.1-R6 um estresse causado por deficiência hídrica apresenta uma maior redução no rendimento de aquênios, enquanto que, se esse estresse ocorrer no estágio R6-R9 é o teor de óleo nos aquênios que será mais afetado (DOOREMBOS; KASSAM, 1979).

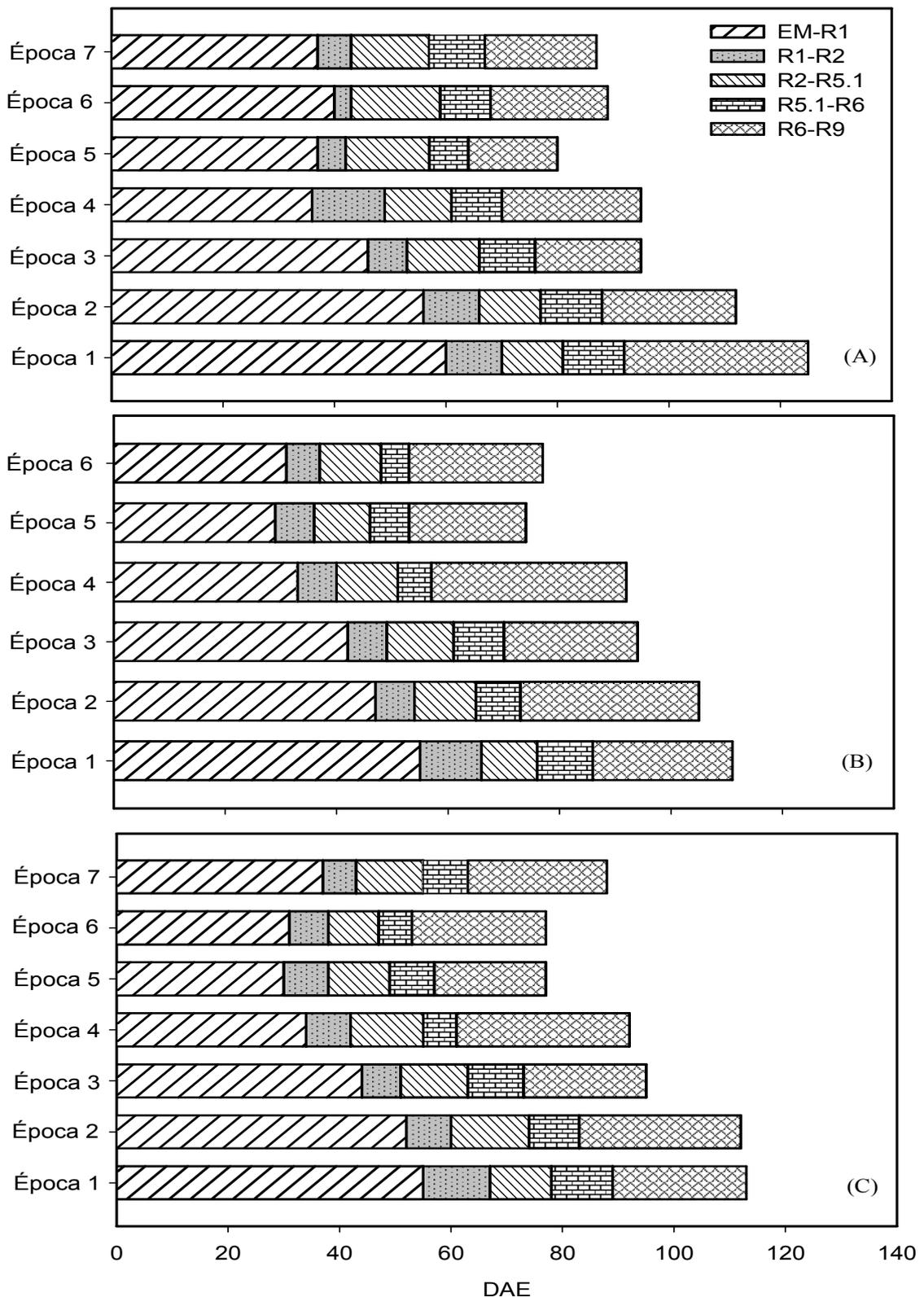


Figura 3 – Fases de desenvolvimento dos genótipos de girassol, Aguará 03 (A), Embrapa 122 (B) e Hélio 358 (C) em função dos dias após a emergência (DAE) para as diferentes épocas de semeadura. (EM-R1 = emergência ao aparecimento do botão floral; R1-R2 = aparecimento do botão floral até que a distância 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).

Houve diferença significativa entre as épocas de semeadura utilizadas quanto à produtividade, à severidade final observada, à AACPD e aos DAFS. Para o genótipo Aguará 03, a primeira época (31/07/2007) apresentou a maior produtividade (3109 kg ha⁻¹), a qual não diferiu estatisticamente da segunda e da quarta época (Tabela 1). Para os genótipos Embrapa 122 e Hélio 358 o maior valor de produção foi obtido na segunda época (30/08/2007) com 2877,3 e 2967,9 kg ha⁻¹, respectivamente, mas também não diferiram da primeira época, mostrando ser de início de agosto à início de setembro a melhor época de semeadura para o girassol em Santa Maria - RS. Também se verifica que até a época quatro, a exceção da época três para o genótipo Hélio 358, todos os genótipos apresentaram produção maior do que 1900 kg ha⁻¹, evidenciando que podem ser auferidas produtividades boas se as semeaduras forem realizadas até início de novembro. Épocas mais tardias apresentaram menor produção, porém o genótipo Aguará 03 manteve sua produção acima de 1400 kg ha⁻¹.

Os valores de produtividade obtidos neste trabalho estão de acordo com os dados experimentais e de unidades de observação obtidos por Oliveira (2007) no Rio Grande do Sul, os quais mostraram que o potencial produtivo da cultura na semeadura em época preferencial (agosto/setembro) pode chegar a mais de 3000 kg ha⁻¹ de grãos e em semeadura de safrinha (janeiro/fevereiro) a 1500 kg ha⁻¹. Da mesma forma, a época de semeadura causou alteração na área foliar das plantas, tal como observado por Sangoi; Silva (1985), ao passo que no planalto catarinense Sangoi; Kruse (1993) encontraram interação significativa entre cultivar e época de semeadura para produção de aquênios e seus componentes.

Considerando que existe correlação da produtividade de aquênios com a produtividade de óleo, pode-se inferir que nas duas primeiras épocas de semeadura o cultivo de girassol se mostrou viável. Segundo Silva et al. (2007), a produtividade de óleo apresenta desempenho semelhante ao da produtividade de grãos, percebendo-se que o fator mais significativo para a produtividade de óleo na cultura do girassol é, além do teor inerente à semente, a produtividade de aquênios, caracterizando a importância dos fatores que a restringem.

As diferenças de produção obtidas entre os genótipos podem ser explicadas pela diferença de ciclo dos mesmos, pois segundo Ungaro; Nogueira; Nagai (2000), em geral genótipos mais tardios tendem a ser mais produtivos. No entanto, outros fatores, como grau de sensibilidade às doenças e área foliar, podem interferir nessa relação. Por isso, o conhecimento das possíveis alterações nas respostas ecofisiológicas e de produção de genótipos de girassol, semeados em diferentes épocas, é essencial para a escolha do momento mais adequado para a semeadura em cada local. Conforme Santos et al. (2002), que também observaram grande variação na resposta de cultivares de girassol ao fator época de semeadura,

a variação no tempo também está ligada à distribuição da precipitação, que se caracteriza por grande variabilidade no tempo e no espaço, podendo resultar em significativa irregularidade de disponibilidade hídrica, tal como verificaram Buriol et al. (1980) e Cardoso (2005) para Santa Maria, RS. A tendência a menor produção na época três em relação as épocas dois e quatro para os genótipos Aguará 03 e Hélio 358, deve estar relacionada a menor disponibilidade hídrica no período crítico de desenvolvimento das plantas.

Tabela 1 - Produtividade (kg ha⁻¹) de genótipos de girassol em diferentes épocas de semeadura, em Santa Maria, RS, 2009.

Época	Genótipos		
	Aguará 03	Embrapa122	Hélio 358
1	3109,04 a*	2762,32 a	2455,07 ab
2	2738,78 a	2877,27 a	2967,94 a
3	1972,53 b	2399,19 ab	1675,37 cd
4	2729,13 a	1925,24 bc	2106,82 bc
5	1462,25 b	1494,65 cd	1020,61 d
6	1405,97 b	1172,23 d	1197,44 d
7**	1511,76 (B**)		1090,67 (D**)
CV(%):			12,47

* Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.** Para a época sete foi realizado teste t em separado na comparação com as demais épocas para os genótipos Aguará 03 e Hélio 358.

Conforme relatado por Sangoi; Kruse (1993), no planalto catarinense, e por Sentelhas et al. (1996) em São Paulo, para as produções obtidas nas semeaduras de julho e agosto, respectivamente, um dos fatores que certamente contribuiu foi a menor incidência de mancha de alternária durante o período considerado, que para esses locais apresenta baixa precipitação.

A análise de regressão realizada para cada genótipo entre a produtividade e os parâmetros de severidade de dano da doença (SVFO, AACPD e DAFS) nas diferentes épocas de semeadura foi significativa apenas para o genótipo Embrapa 122 (Figura 4). Para esse genótipo houve correlação significativa da produtividade tanto com a SVFO, quanto com a AACPD e a DAFS. O modelo matemático obtido da relação da SVFO com a produtividade foi uma equação linear negativa: $P = - 49,694 \cdot SVFO + 3683,5$, com um coeficiente de determinação (R^2) de 0,844. Para a relação da produtividade com a AACPD, também se obteve uma função linear negativa, descrita por: $P = - 1,643 \cdot AACPD + 3171,4$ ($R^2 = 0,804$).

Na relação da produtividade com os DAFS, ajustou-se o modelo linear positivo: $P = 46,406 * \text{DAFS} - 1306,9$ ($R^2 = 0,74$), em que o aumento de DAFS refletiu em acréscimo na produtividade. Dessa maneira, esses dados mostram que um fator é dependente do outro, a exemplo da estreita relação dos DAFS com a AACPD e a SVFO. A alta significância dos parâmetros angulares permite inferir que os modelos obtidos podem ser incluídos na previsão de safras para o genótipo Embrapa 122. A antecipação da época de semeadura do girassol tem se mostrado tecnicamente viável para algumas regiões do Estado do Rio Grande do Sul, levando-se em conta os genótipos utilizados, tal como relatado por Rizzardi; Silva (1993), pois é provável um menor risco de deficiência hídrica e de doenças de final de ciclo.

Para os outros dois genótipos não se obteve essas respostas de significância estatística, provavelmente porque o fator doença afetou a produção de forma menos intensa que para o genótipo Embrapa 122, que apresenta ciclo mais curto que os demais. Para esse genótipo, os demais fatores ambientais, bem como os meteorológicos devem ter afetado sua produtividade de forma mais acentuada.

Quanto à severidade final observada (Tabela 2), os maiores valores ocorreram nas plantas da época seis (06/12/2007) para os três genótipos cultivados, que foi a época mais úmida combinada com temperaturas mais altas. Enquanto que nas épocas 1, 2 e 3, com exceção da época 3 do genótipo Embrapa 122, apresentaram os menores valores de severidade final devido à temperatura ser inferior. Segundo Dudienas; Ungaro; Moraes (1998), a mancha de alternaria pode provocar perdas de até 50% na cultura, como resultado da ausência de genes associados à resistência e à baixa eficiência dos fungicidas. Para a AACPD os três genótipos apresentaram maiores valores na sexta época (Tabela 3).

A influência das condições meteorológicas na epidemiologia da mancha de alternária estudada em 12 épocas de semeadura, no Estado de São Paulo, por meio da análise da curva de progresso da doença e de correlações de sua intensidade com variáveis meteorológicas, mostrou que a variável precipitação foi a que mais influenciou a taxa de infecção aparente da doença em girassol (SENTELHAS et al., 1996). Nessas mesmas condições, a semeadura do mês de agosto mostrou, na média, a menor área sob a curva de progresso da doença e o menor índice de doença, como consequência de pouca quantidade de chuva no período (DUDIENAS; UNGARO; MORAES, 1998).

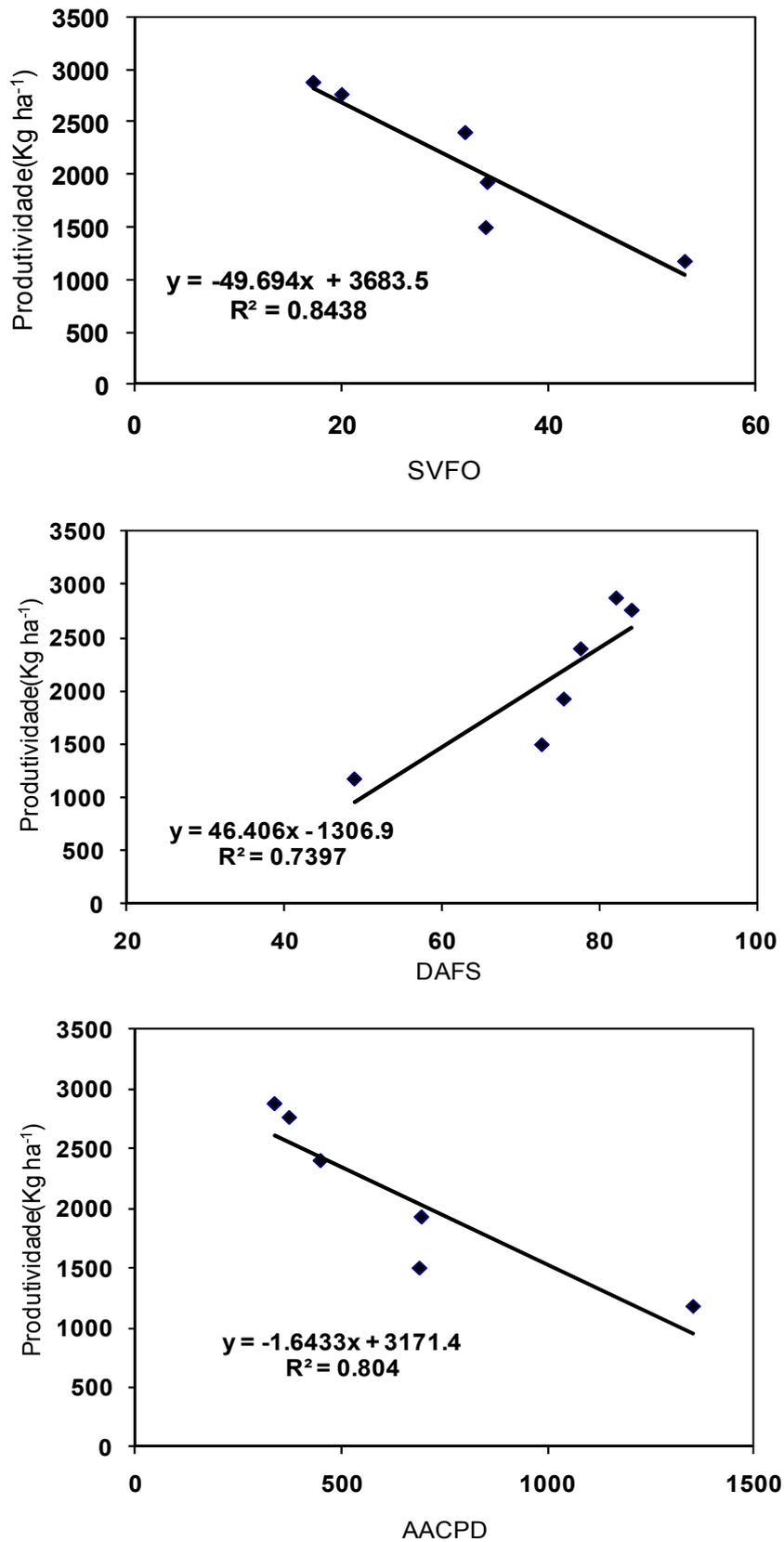


Figura 4 – Regressão entre produtividade em função da severidade final observada (SVFO) (a), dias de área foliar sadia (DAFS) (b) e área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) (c) para o genótipo Embrapa 122, Santa Maria, RS, 2009.

Tabela 2 - Severidade final observada (%) em três genótipos de girassol em diferentes épocas de semeadura, em Santa Maria, RS, 2009.

Época	Genótipos		
	Aguará 03	Embrapa 122	Hélio 358
1	6,73 c*	11,76 c	8,46 c
2	6,92 c	8,87 c	4,57 c
3	4,06 c	28,22 b	6,87 c
4	25,69 b	31,48 b	26,29 b
5	25,46 b	31,48 b	31,27 b
6	53,69 a	64,08 a	63,52 a
7	50,63 (A**)		35,90 (B**)
CV(%):	12,76		

*Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. **Para a época sete foi realizado teste t em separado na comparação com as demais épocas para os genótipos Aguará 03 e Hélio 358.

Tabela 3 - Área abaixo da curva do progresso da doença em genótipos de girassol em diferentes épocas de semeadura, em Santa Maria, RS, 2009.

Época	Genótipos		
	Aguará 03	Embrapa 122	Hélio 358
1	214,84 c*	372,93 c	301,75 cd
2	263,79 c	337,19 c	191,18 d
3	71,28 c	448,56 c	105,05 d
4	510,14 b	693,46 b	494,17 bc
5	604,10 b	688,63 b	616,32 b
6	1192,69 a	1352,09 a	1211,12 a
7	778,23 (B**)		656,92 (B**)
CV(%):	17,1		

*Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. **Para a época sete foi realizado teste t em separado na comparação com as demais épocas para os genótipos Aguará 03 e Hélio 358.

Os maiores valores de DAFS foram obtidos para a segunda época de semeadura para os genótipos Aguará-03 e Hélio-358, enquanto que para o genótipo Embrapa-122, esse valor

foi verificado na primeira época (Tabela 4). A condição de sanidade das folhas está diretamente relacionada com o IAF. Um IAF entre 2,5 e 3,0, obtido durante o florescimento, é suficiente para assegurar boa produtividade. No entanto, 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 (MERRIEN; MILAN, 1992).

Tabela 4 - Avaliação de duração de área foliar sadia (DAFS, em dias) de genótipos de girassol em diferentes épocas de semeadura, em Santa Maria, RS, 2009.

Época	Genótipos		
	Aguará 03	Embrapa 122	Hélio 358
1	103,88 bc	84,18 a	103,64 b*
2	128,24 a	82,20 ab	116,41 a
3	95,35 d	77,68 bc	93,94 d
4	106,65 b	75,54 cd	99,05 c
5	101,18 c	72,73 d	79,25 e
6	86,16 e	48,83 e	67,37 f
8	66,48 f		52,31 g
CV(%):	1,93		

*Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Na Figura 5, apresentam-se os valores de severidade observados por mancha de alternaria ao longo do ciclo de desenvolvimento das plantas de girassol dos genótipos Aguará 03, Hélio 358 e Embrapa 122, nas sete épocas de semeadura cultivadas. Observa-se que no decorrer das épocas de semeadura os níveis de severidade observada aumentaram, bem como houve desempenho diferenciado dos genótipos em relação à severidade da doença. A severidade observada não ultrapassou valores de 15% até a terceira época, com exceção do genótipo Embrapa 122, e somente a partir da quinta época a severidade observada começou a ser registrada antes dos trinta dias após a emergência. Isso também foi relatado em estudos conduzidos por Islam e Maric (1980), indicando que chuvas freqüentes e temperatura moderadamente elevada, entre 24 e 27 °C, favorecem a disseminação da doença, sendo essas condições verificadas nas épocas de semeadura que apresentaram maior ocorrência da doença no atual trabalho.

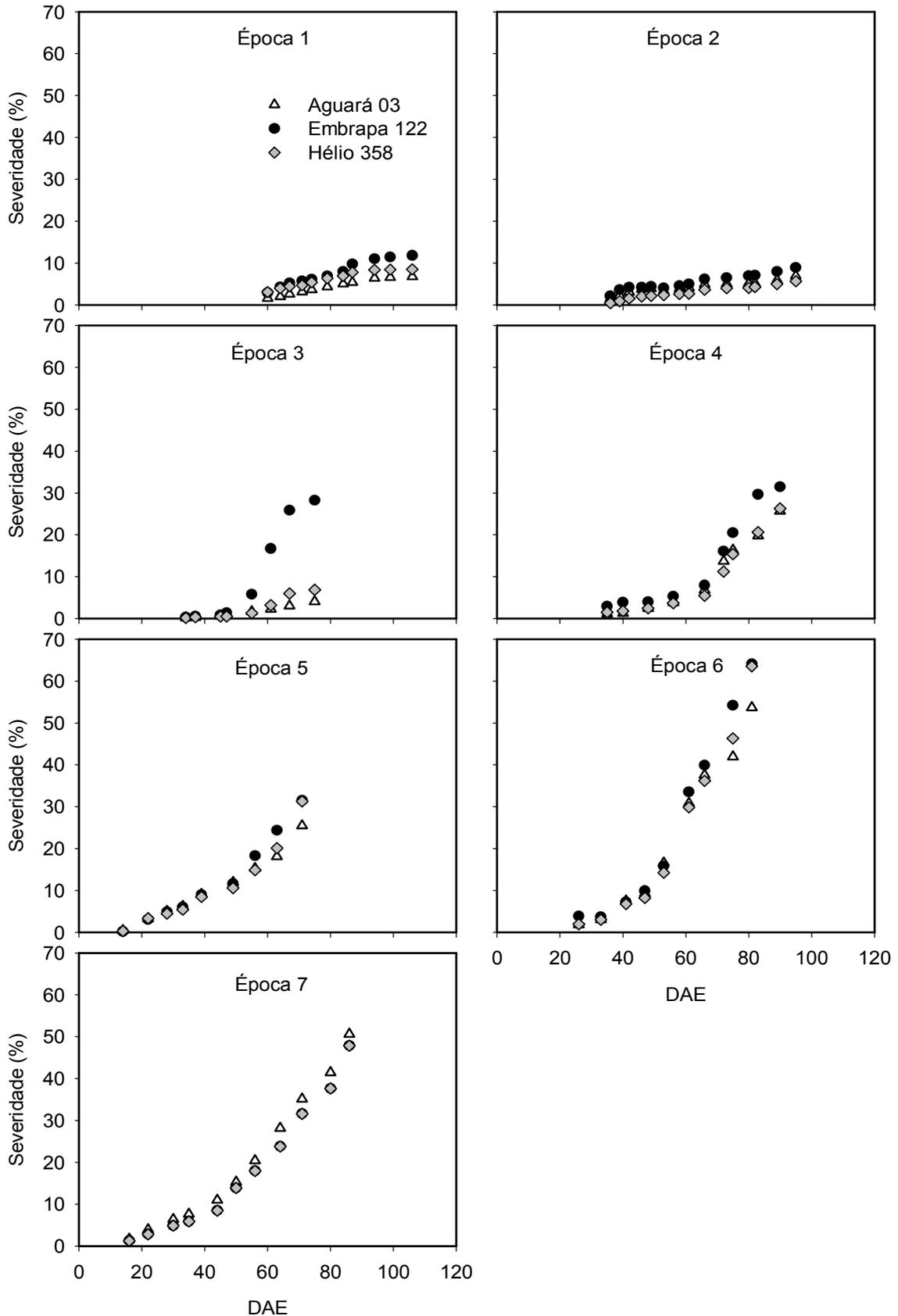


Figura 5 – Severidade observada (%), dias após a emergência (DAE), por mancha de alternária ao longo do ciclo de desenvolvimento das plantas de girassol das cultivares Aguará 03, Hélio 358 e Embrapa 122 em sete épocas de semeadura (1^a: 31/07/2007; 2^a: 30/08/2007; 3^a: 02/10/2007; 4^a: 06/11/2007; 5^a: 06/12/2007; 6^a: 7/01/2008; 7^a: 06/02/2008), na safra agrícola 2007/08. Santa Maria, RS, 2009.

Segundo Carvalho et al. (1995), antes do florescimento, a doença aparece esporadicamente e, principalmente, nas folhas inferiores. Além disso, a idade da planta deve ser considerada como um importante fator no desenvolvimento da doença, já que ela é mais prevalente e evolui de forma epidêmica quando a planta se aproxima da senescência. Essa condição também pode ser observada na Figura 5, na qual os maiores valores para todas as épocas ocorreram no final do ciclo da cultura. Assim, também Chattopadhyay (1999) mostrou que infecção ocorrida entre o final da fase vegetativa e a emissão do botão floral resultou em maiores danos à produtividade. Essa observação permite avaliar o estágio fenológico no qual as plantas são mais sensíveis à doença.

Pelos resultados de avaliações constatou-se que o inóculo do fungo oriundo das primeiras sementeiras mostrou-se importante na disseminação da doença nas plantas das últimas sementeiras (CARVALHO et al., 1995) e isso também pode ser considerado influente nos resultados obtidos (Figura 5), visto os experimentos terem sido conduzidos em áreas próximas.

A produtividade máxima de aquênios de girassol (PM), estimada pela relação K_y (DOOREMBOS; KASSAN, 1979) e a produção real de aquênios obtidos em cada época de sementeira, foi mais afetada na época 2 para todos os genótipos, estimando-se redução da PM em mais do que 1125 kg ha^{-1} (Tabela 5). Para o genótipo Embrapa 122, que possui ciclo menor que as demais, tal redução também ocorreu na época 3. Essa redução decorreu principalmente do maior acúmulo de deficiência hídrica na época 2 na fase R6-R9, da mesma forma que, embora em menor grau, foi verificado para a época 3 (Figura 6), para o genótipo Embrapa 122. Na época 2 como houve o maior acúmulo de deficiência hídrica no estágio R6-R9, além de também ocorrerem cerca de 35mm de DH, afetou o peso de aquênios. Observa-se também que na época 2 aconteceram dois eventos de precipitação maiores que 40 mm durante a fase vegetativa; após ocorrerem eventos de precipitações menores que 20 mm e desde o estágio R5.1 até a metade do enchimento de aquênios não ocorreram precipitações significativas, fazendo com que na época 2 o efeito da deficiência hídrica fosse mais drástico na redução da produtividade máxima para os genótipos Aguará 03 e Hélio 358. Segundo Barni (1994) e Barni (1996), é na fase R1-R6 que o girassol é mais sensível a deficiência hídrica, confirmando a necessidade de usar o maior fator hídrico de redução de produção (K_y) recomendado por Doorembos; Kassam (1979).

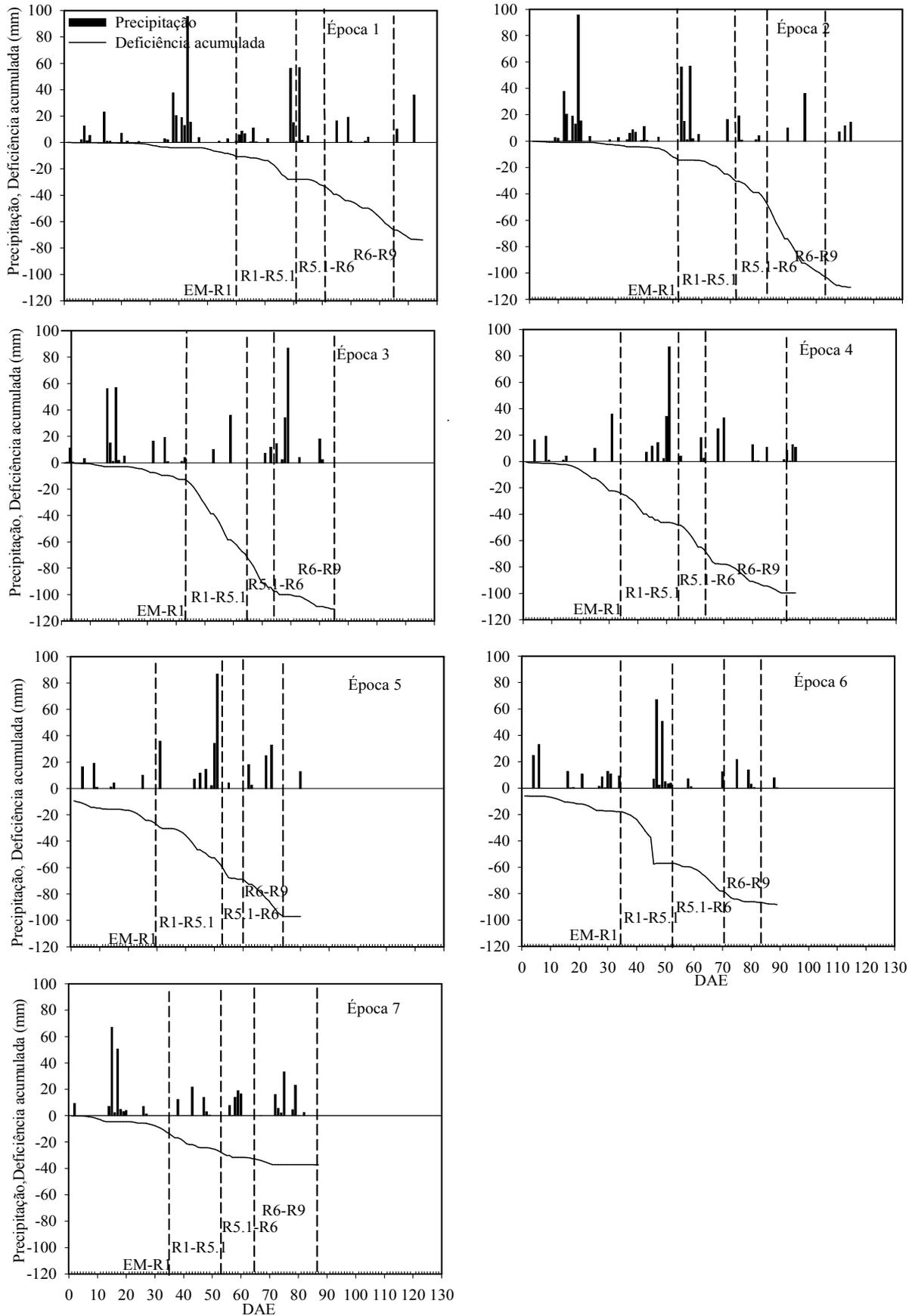


Figura 6 – Precipitação diária e deficiência hídrica acumulada, obtida por balanço hídrico, no ciclo da cultura do girassol, genótipo Aguará 03, nas diferentes épocas de semeadura, em função dos dias após a emergência (DAE), no ano agrícola 2007/08, em Santa Maria, RS, 2009.

Para o genótipo Aguará 03 na época quatro, a redução da produtividade máxima estimada foi de 281 kg ha⁻¹ menor do que na época dois, porém não houve diferença significativa entre a época 2 e 4. Esse resultado pode ser explicado em função de que na época 4 também ocorreram eventos de precipitação, mas não foram suficientes para atender a demanda hídrica da cultura, principalmente no período reprodutivo. No entanto, não há uma explicação do porque só o genótipo Aguará 03 apresentou essa resposta mais forte. Para o genótipo Embrapa 122, o efeito da deficiência hídrica foi maior na época 3 (Figura 3), não diferindo significativamente da época 2. Além do efeito do ciclo mais curto, que determina maior sensibilidade ao estresse hídrico (BARNI, 1996), ocorreu maior coincidência da fase mais crítica com maior deficiência hídrica acumulada na época 3. Outro aspecto a considerar, é que o genótipo Embrapa 122 apresenta um ciclo mais curto que os demais genótipos (Figura 3) e, na época 3 foi observado que no período anterior a R5.1 ocorreram poucas precipitações (Figura 6), contribuindo para essa maior redução na produtividade na época 3 para o genótipo Embrapa 122.

Considerando que cerca de 600 kg ha⁻¹ compensam os custos de irrigação, pelo menos quando essa é realizada na fase reprodutiva da cultura, verifica-se que nesse ano agrícola de 2007/2008 a irrigação seria viável em pelo menos três das sete épocas de semeadura, o que permite inferir que a época de semeadura pode, sob irrigação, ser ampliada em pelo menos dois meses, aumentando a garantia de produção economicamente viável.

Tabela 5 - Diferença entre a produtividade máxima estimada, simulando ausência de deficiência hídrica em todo o ciclo da cultura e a produtividade real (kg ha⁻¹) de genótipos de girassol, em diferentes épocas de semeadura, em Santa Maria, RS, 2009.

Época	Genótipos		
	Aguará 03	Embrapa122	Hélio 358
1	923,65 bc	656,08 b	585,53 bc
2	1256,22 a*	1127,91 a	1336,38 a
3	854,08 bcd	1178,34 a	837,45 b
4	975,02 ab	761,30 b	829,96 b
5	672,88 cd	622,44 b	460,23 d
6	608,86 d	326,58 c	601,57 bc
7	310,83 (E**)		231,11 (D**)
CV(%):	13,60		

*Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

** Comparação entre médias resultante da análise da variância refeita em separado apenas para os genótipos Aguará 03 e Hélio 358.

Nas demais épocas de semeadura observa-se que a redução da produtividade máxima em função da deficiência hídrica foi menor (épocas 1, 5, 6 e 7), devido a demanda atmosférica ser menor, principalmente no subperíodo de R5.1 a R6 em que a cultura do girassol está com seu IAF máximo (Figura 2) e, com isso, apresenta um maior consumo de água nesse estágio. Nessas épocas pode ser observada também uma melhor distribuição da precipitação (em número de dias e quantidade), contribuindo para amenizar o eventual efeito de deficiência hídrica nessas épocas, nesse ano agrícola.

Tabela 6 - Diferença entre a produtividade máxima estimada, simulando ausência de deficiência hídrica na fase R5.1-R9, e a produtividade real (kg ha^{-1}) de genótipos de girassol em diferentes épocas de semeadura do ano agrícola 2007/2008, em Santa Maria, RS, 2009.

Data	Genótipos		
	Aguará 03	Embrapa 122	Hélio 358
31/07/2007	981,60 b	570,63 b	532,63 b
30/08/2007	1660,04 a*	1323,64 a	1644,40 a
02/10/2007	594,19 cd	870,19 b	576,78 b
06/11/2007	815,46 bc	478,55 cd	660,92 b
06/12/2007	578,09 cd	500,48 c	422,32 bc
07/01/2008	465,40 d	239,69 d	221,80 c
08/02/2008	137,45 (D**)		106,90 (D**)
CV(%):			12,85

* Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

** Para a época sete foi realizado teste t em separado na comparação com as demais épocas para os genótipos Aguará 03 e Hélio 358.

Na tabela 6 são apresentados os resultados considerando somente o efeito da deficiência hídrica sobre a produtividade de aquênios de girassol no subperíodo de R5.1 a R9. Verifica-se que há uma diferenciação mais clara entre as épocas da redução de produtividade máxima estimada do que se considerada a DH de todo o ciclo de desenvolvimento. A época dois se destacou pela maior redução de produção em relação às demais, enquanto a época um não se diferenciou da época três e/ou da época quatro dependendo do genótipo. Verifica-se também que a redução no rendimento real foi até maior do que utilizando todo o período. Foi na época dois que no conjunto dos subperíodos R5.1-R6 e, principalmente, R6-R9 a deficiência hídrica acumulada foi maior, abrangendo as duas subfases mais críticas (R2-R6). Durante a fase R5.1-R6 a deficiência hídrica se reflete mais sobre a produção de aquênios

(BARNI, 1994; DOOREMBOS; KASSAM, 1979). Os resultados da tabela 6 reforçam os resultados apresentados na Tabela 1, no sentido de que a irrigação complementar, mesmo nas duas primeiras épocas e até pelo menos na quarta época (início de novembro) pode ser vantajosa, podendo trazer aumentos de produção estimados em cerca de 500 a 1600 kg ha⁻¹, dependendo da época de semeadura e do genótipo. É importante lembrar que, no entanto, esses valores devem variar de ano para ano em função da variabilidade interanual e espacial das precipitações.

5 CONCLUSÕES

Considerando as condições ambientais ocorridas no ano agrícola 2007/2008, conclui-se que:

quanto mais tardia a época de semeadura maior é o risco de ocorrência de mancha de alternaria em girassol;

existe estreita relação entre dias de área foliar sadia (DAFS), área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), severidade final observada (SVFO) decorrentes da ocorrência de mancha de alternaria e a produtividade de aquênios de girassol, que para o genótipo Embrapa 122 pode ser descrita por funções lineares;

para o genótipo Embrapa 122, as funções lineares entre produtividade e os parâmetros descritivos da intensidade de ataque de mancha de alternaria (DAFS, AACPD e SVFO), demonstram precisão suficiente para serem incluídos em modelos de previsão de safra considerando diferentes épocas de semeadura, em Santa Maria - RS;

devem ser evitadas as semeaduras após novembro em Santa Maria - RS;

6 REFERÊNCIAS

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.

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**, Victoria, v. 21, n. 108, p. 98-100, jan./feb. 1981.

ANDRADE, F. H.; FERREIRO, M. Reproductive growth of maize, sunflower and soybean at different source levels during grain filling. **Field Crops Research**, Buenos Aires, v. 48, n. 2, p. 155-165. 1996.

ÁVILA, A. M. H. et al. Probabilidade de ocorrência de precipitação pluvial mensal igual ou maior que a evapotranspiração potencial para a estação de crescimento das culturas de primavera-verão no estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 2, n. 2, p. 149-154, jul./dez. 1996.

BACKES, R. L. et al. Desempenho de cultivares de girassol em duas épocas de plantio de safrinha no Planalto Norte Catarinense. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 1, p. 41-48, 2008.

BARNI, N. A. Modelos de crescimento, desenvolvimento e rendimento do girassol em função da radiação solar, temperatura e disponibilidade hídrica. 1994. 249 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 1994.

_____ et al. Modelo agrometeorológico de predição do rendimento do girassol: 1. relação entre rendimento e índice hídrico. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 7-17, 1996.

BERLATO, M. A. As condições de precipitação pluvial no estado do Rio Grande do Sul e os impactos das estiagens na produção agrícola. In: BERGAMASCHI, H. et al. **Agrometeorologia aplicada à irrigação**, Porto Alegre: UFRGS, 1992. p. 11-23.

_____; FONTANA, D. C.; PUCHALSKI, L. Precipitação pluvial normal e riscos de ocorrência de deficiência pluviométrica e deficiência hídrica no Rio Grande do Sul: ênfase para a metade sul do Estado. In: _____. SEMINÁRIO SOBRE ÁGUA NA PRODUÇÃO DE FRUTÍFERAS 68, Pelotas: **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2000. p. 67-81.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Rio Grande do Sul**. Recife: Convênio MA/DPP–SA/DRNR, 1973. (Boletim Técnico, 30). 431 p.

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, RS, 2008.

BURIOL, G. A. et al. Disponibilidades hídricas do solo possíveis de ocorrerem no estado do Rio Grande do Sul. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 10. 1980. Suplemento.

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.

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 (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2005.

CARVALHO, D. B. Análise de crescimento de girassol em sistema de semeadura direta **Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais**, v. 2, n. 4, p. 63-70, 2004.

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., Goiânia, 1995. **Resumos...** Goiânia: EMBRAPA, CNPAF, 1995. p. 77.

CASTRO, C. et al. **A cultura do girassol**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1996. (Circular técnica, 13).

CASTRO, C.; FARIAS, J. R. B. Ecofisiologia do girassol. In: LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. de. (Ed). **Girassol no Brasil**. 1. ed. Londrina: Embrapa Soja, 2005. cap. 9, p. 163-218.

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**, v. 45, n. 1, p. 15-21, jan. 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: 25 maio 2009.

COSTA, V. C. A. da; SILVA, F. N. da; RIBEIRO, M. C. C. Efeito de épocas de semeadura na germinação e desenvolvimento em girassol (*Helianthus annuus* L.). **Revista Científica Rural**, v. 5, n. 1, p. 154-158, jan./jun. 2000.

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

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

DUDIENAS, C.; UNGARO, M. R. G.; MORAES, S. A. *Alternaria* disease development under tropical conditions. **Helia**, Novi Sad, Iugoslávia, v. 21, n. 29, p. 63-72, 1998.

EMBRAPA. **Cultivo do girassol**. [Londrina]: Embrapa Soja, 2000. (Sistema de Produção, n. 1). Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/producaogirassol/importancia.htm>>. Acesso em: 17 set. 2009.

_____. Centro Nacional e Pesquisa em Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa - SPI; Rio de Janeiro: Embrapa - Solos, 2006. 306 p.

FARIAS, J. R. B. et al. Caracterizações das regiões de risco climático do girassol nos Estados do Paraná e de Goiás. In: XXI CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 21., REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 3., 2001, Fortaleza. **Anais...** [S.l.]: SBA; FUNCENE, 2001. v. 1. p. 27-28.

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, SP, 2005.

GAZZONI, D. L. Óleo de girassol como matéria prima para Biocombustíveis. In: LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. de. (Ed), **Girassol no Brasil**. [Londrina]: Embrapa Soja, 2005. p. 145-161.

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

_____; UNGARO, M. R. G.; VIEIRA, D. B. Influência da suplementação hídrica na altura de planta, diâmetro de capítulo, peso de sementes e produção de grãos. In: REUNIÃO NACIONAL DE GIRASSOL, RIBEIRÃO PRETO. **Resumos...** Ribeirão Preto, SP: [s.n.], 2003. 1 CD-ROM.

GOYNE, P. J.; HAMMER, G. L. Phenology of sunflower cultivars: II. controlled-environment studies of temperature and photoperiod effects. **Australian Journal of Research**, v. 33, n. 2, p. 251-261, mar./abr. 1982.

_____; WOODRUFF, D. R.; CHUR-CHETT, J. D. Prediction of flowering in sunflowers. **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, Melbourne, v. 17, p. 475-81, 1977.

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

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

_____; BURIOL, G. A.; STRECK, N. A. O clima de Santa Maria. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, RS, v. 1, n. 38, p. 43-58, jan./jun. 2009.

ISLAM, U.; MARIC, A. Contribution to the studies on biology, epidemiology and resistance of sunflower to *Alternaria helianthi* (Hansf.) Taub. Nish. **Zastita Bilja**, Novi Sad, v. 31, p. 35-49, 1980.

KHAN, A. G. et al. Role of plants, mycorrhizae and phytochelators in heavy metal contaminated land remediation. **Chemosphere**, v. 41, p. 197-207, jul. 2000.

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

_____. **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, SP, 2002.

_____; 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.

_____; _____. Manejo de doenças do girassol. In: LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. (Ed). **Girassol no Brasil**. [Londrina]: Embrapa Soja, 2005. cap. 17, p. 501-543.

MALDANER, I. C. **Irrigação e aplicação de fungicida na ocorrência de doenças e produtividade do girassol.** 2009. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2009.

_____ et al. Modelos de determinação não-destrutiva da área foliar em girassol. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 39, n. 5, p. 1356-1361, ago. 2009.

MARIN, F. R.; SENTELHAS, P. C.; UNGARO, M. R. G. Perda de rendimento potencial da cultura do girassol por deficiência hídrica, no Estado de São Paulo. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, SP, v. 57, n. 1, p. 1-6, jan./mar. 2000.

MASSIGNAM, A. M. **Determinação de temperaturas-bases, graus-dia e influência de variáveis bioclimáticas na duração de fases fenológicas de cultivares de girassol (*Helianthus annuus* L.).** 1987. 87 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 1987.

_____; ANGELOCCI, L. R. Determinação da temperatura-base e de graus-dia na estimativa da duração dos subperíodos de desenvolvimento de três cultivares de girassol. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, RS, v. 1, n. 1, p. 71-79, 1993.

_____ et al. Relação entre temperatura do ar, disponibilidade hídrica no solo, fotoperíodo e duração de subperíodos fenológicos do girassol. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, RS, v. 1, n. 1, p. 63-69, 1993.

MELLO, R.; NÖNBERG, J. L.; RESTLE, J. et al. Características fenológicas, produtivas e qualitativas de híbridos de girassol em diferentes épocas de semeadura para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 35, n. 3, p. 672-682, 2006.

MERRIEN, A.; MILAN, M. J. *Physiologie du Tournesol*. Paris: CETIOM, 1992. 66 p.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura do Estado do Rio Grande do Sul, Diretoria de Terras e Colonização, Secção de Geografia, 1961. 46 p.

OLIVEIRA, M. F.; VIEIRA, O. V.; LEITE, R. M. V. B. C. **Extração de óleo de girassol utilizando miniprensa**. Londrina, PR: Embrapa, 2004. 27 p.

OLIVEIRA, A. C. B. de et al. **Cultivo do girassol no Rio Grande do Sul: plantio janeiro e fevereiro**. Pelotas, RS: EMBRAPA-CPACT, 2007. 4 p. (EMBRAPA-CPACT. Comunicado técnico, 176).

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, SP: FEALQ, 1997. 183 p.

PORTO, W. S. et al. Adaptabilidade e estabilidade como critérios para seleção de genótipos de girassol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 4, p. 491-499, 2007.

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.

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

ROBINSON, R. G. et al. Sunflower development at latitudes ranging from 31 to 49 degrees. **Crop Science**, Madison, v. 7, n. 2, p. 134-136, 1967.

_____. Production and culture. In: CARTER, J. F. **Sunflower science and technology**.). Madison: ASA, p. 89-95, 1979. (ASA. Agronomy Series, 19).

SAHU, B. K., GHEMAWAT, M. S.; AGRAWAT, J. M. Susceptibility of sunflower plants to *Alternaria helianthi* as influenced by plant age. **Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz**, Stuttgart, v. 98, p. 103-106, 1991.

SANGOI, L.; KRUSE, N. D. Comportamento de cultivares de girassol em diferentes épocas de semeadura no planalto catarinense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 28, n. 1, p. 81-91, jan. 1993.

_____; SILVA, P. R. F. Época de semeadura em girassol: II. efeitos no índice de área foliar, incidência de moléstias, rendimento biológico e índice de colheita. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, RS, v. 36, n. 362, p. 6-13, 1985.

SANTOS, A. C.; ANDRADE, A. P.; LIMA, J. R. S. et al. Variabilidade temporal da precipitação pluvial: nível de nitrogênio no solo e produtividade de cultivares de girassol. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 32, n. 5, p. 757-764, 2002.

SAS INSTITUTE. **Statistical Analysis System**: releasement 6.08, (software). Cary, 1992. 620 p.

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. Temperatura-base e graus-dia para cultivares de girassol. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, RS, v. 2, n. 1, p. 43-49, 1994.

_____ et al. Aspectos climáticos relacionados à ocorrência da mancha de *Alternaria* em cultivares de girassol. **Fitopatologia brasileira**, Brasília, DF, v. 21, n. 4, p. 464-469, 1996.

SILVA, M. de L. et al. Crescimento e produtividade do girassol cultivado na entressafra com diferentes lâminas de água. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 11, n. 5, p. 482-488, set./out. 2007.

SILVEIRA, J. M. et al. Semeadura e manejo da cultura de girassol. In: LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. de. (Ed). **Girassol no Brasil**. [Londrina]: Embrapa Soja, 2005. p. 375-406.

SMIDERLE, O. J.; MOURÃO, J. R. M.; GIANLUPPI, D. Avaliação de cultivares de girassol em Savana de Roraima. **Acta Amazônica**, Manaus, AM, v. 35, n. 3, p. 331-336, julho/set. 2005.

SIONIT, N.; GHORASHI, S. R.; KHERADNAN, M. Effect of soil water potencial on growth and yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 81, p. 113-116, ago./dez. 1973.

UNGARO, M. R. G.; NOGUEIRA, S. S. S.; NAGAI, V. Parâmetros fisiológicos, produção de aquênios e fitomassa de girassol em diferentes épocas de cultivo. **Bragantia**, Campinas, SP, 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).

VIEIRA, O. V. **Validação e difusão de tecnologias para produção de girassol no Brasil: resultados de pesquisa de soja 2000**. [Londrina]: Embrapa Soja, 2001. p. 27-29.

VRÂNCEANU, A. V. **El girassol**. Madrid: Mundi-Prensa, 1977. 379 p.

WANG, J. Y. A critique of heat approach to plant response studies. **Ecology**, Tempe, US, v. 41, n. 4, p. 785-790, out. 1960.

WAGGONER, P. R.; BERGER, R. D. Defoliation, disease and growth. **Phytopathology**, Saint Paul, US, v. 77, n. 3, p. 393-398, 1987.

WEISS, E. A. Sunflower. In _____. **Oilseed crops**. New York: Longman, 1983. p. 402-462.

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).**

