

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

**EFEITO DE DIFERENTES NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO  
NA PRODUTIVIDADE E OCORRÊNCIA DE  
REQUEIMA NA CULTURA DA BATATA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**EDENIR LUIS GRIMM**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2007**



**UFSM**

**Dissertação de Mestrado**

**EFEITO DE DIFERENTES NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO NA  
PRODUTIVIDADE E OCORRÊNCIA DE REQUEIMA NA CULTURA  
DA BATATA**

---

**Edenir Luis Grimm**

**PPGEA**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2007**

**EFEITO DE DIFERENTES NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO NA  
PRODUTIVIDADE E OCORRÊNCIA DE REQUEIMA NA CULTURA  
DA BATATA**

**por**

**Edenir Luis Grimm**

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

Orientador: Prof<sup>o</sup>. Dr. Arno Bernardo Heldwein

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2007**

G864e	Grimm, Edenir Luis, 1980- Efeito de diferentes níveis de irrigação na produtividade e ocorrência de requeima na cultura da batata / por Edenir Luis Grimm ; orientador Arno Bernardo Heldwein. – Santa Maria, 2007. 69 f. ; il.  Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, RS, 2007.  1. Engenharia agrícola 2. Níveis de irrigação 3. <i>Solanum tuberosum</i> 4 Sistema de alerta 5. Requeima 6. Melhoramento foliar 7. Rendimento da batata I Heldwein, Arno Bernardo, orient. II. Título  CDU: 635.21
-------	--

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

---

© 2007

Todos os direitos autorais reservados a Edenir Luis Grimm. A reprodução de partes ou todo deste trabalho só poderá ser feita com autorização por escrito do autor.  
Fone (0xx)55 99575305; End. Eletr: [edenirgrimm@yahoo.com.br](mailto:edenirgrimm@yahoo.com.br)

---

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

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

**EFEITO DE DIFERENTES NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO NA  
PRODUTIVIDADE E OCORRÊNCIA DE REQUEIMA NA CULTURA  
DA BATATA**

Elaborada por

**Edenir Luis Grimm**

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

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

**Prof. Dr. Arno Bernardo Heldwein**  
(Presidente Orientador)

---

**Prof. Dr. Sandro Luis Petter Medeiros (UFSM)**

---

**Prof. Dr. Luciano Streck. (UERGS)**

Santa Maria, 22 de fevereiro de 2007

Dedico a Deus pela vida, ao meu pai  
(in memoriam) Roque Grimm, meu  
padrasto Alfredo Vier à minha mãe  
Maria Lúcia Grimm e minha irmã  
Evanir Terezinha Grimm.

## AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pela oportunidade da realização do mestrado.

Ao CNPq pela bolsa concedida.

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

Aos professores Nereu Augusto Streck, Dilson A. Bisognin e Osvaldo König pela co-orientação, amizade e pela colaboração no desenvolvimento do trabalho.

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

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

A minha família, em especial à minha mãe Maria Lúcia Grimm, meu padrasto Alfredo Vier, minha irmã Evanir Terezinha Grimm e meu cunhado Heleno Maziero pelo apoio e incentivo para a realização deste trabalho.

Aos amigos Sidnei Radons, Fabrício Ivan Guse e Ivan Maldaner pela ajuda durante a condução do experimento mestrado e pela amizade.

Ao meu amigo Alfredo Schons e sua família pelo acolhimento e convivência.

Aos amigos da Fitotecnia, Luciano Streck, Leosane Bosco, Gustavo Trentin, Ivonete Tazzo, Carina Pivetta, Elis Borcioni, Isabel Lago, Cleber Maus Alberto, Joel Cordeiro da Silva, Fabrina Bolzan Martins, Gizelli Moiano de Paula e Jacso Dellai, pela amizade, descontração e esclarecimentos das dúvidas durante o trabalho.

E aos demais amigos Marcelo Royer, Marcio Royer, Fábio Royer, Juliane Kunz, Fernanda Royer, Michele Vier, Leandro Vier, Cristiano Zaionsc, Juciane Ferrigolo, Cristina Schneider, Jonas Maziero e Jaqueline Metke que sempre me incentivaram.

**Obrigado !**

## RESUMO

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

### EFEITO DE DIFERENTES NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO NA PRODUTIVIDADE E OCORRÊNCIA DE REQUEIMA NA CULTURA DA BATATA

**AUTOR:** EDENIR LUIS GRIMM  
**ORIENTADOR:** ARNO BERNARDO HELDWEIN  
Santa Maria, 22 fevereiro de 2007

O cultivo da batata na região central do Estado do Rio Grande do Sul é realizado em sua maioria por pequenos produtores, que se utilizam, em geral, de calendários com aplicação semanal de fungicidas, não levando em consideração se as condições meteorológicas são favoráveis ou desfavoráveis para o desenvolvimento da requeima e outros patógenos da batata. A deficiência hídrica também pode afetar o desenvolvimento e o crescimento dessa cultura, o que se reflete na produtividade e na qualidade dos tubérculos, sendo a irrigação uma prática freqüente. Porém a irrigação realizada inadequadamente pode também favorecer o aparecimento de doenças devido ao molhamento foliar. Tanto o molhamento foliar quanto a umidade relativa do ar elevada desempenham um importante papel na epidemiologia, favorecendo a ocorrência da requeima causada por *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary, um patógeno de alto potencial destrutivo. O trabalho teve como objetivo determinar o efeito de diferentes níveis de irrigação na produtividade e ocorrência de requeima na cultura da batata, cultivar “*Asterix*”, na região de abrangência da Estação Meteorológica de Santa Maria. Foram realizados dois experimentos na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, sendo o primeiro na primavera, no período de 21/11/2005 (emergência) a 21/02/2006 (colheita) e o segundo no outono de 2006, no período de 10/04 (emergência) a 13/07/2006 (colheita). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições, sendo cada parcela composta de quatro fileiras de plantas com 5,0 m de comprimento e 3,2 m de largura. O plantio foi realizado conforme as técnicas recomendadas para a região, com espaçamento entre fileiras de plantas de 0,80 m e entre as plantas nas fileiras de 0,30 m. Para o controle da requeima da batata foram utilizados os fungicidas mancozebe (Dithane NT – 3,0 kg ha<sup>-1</sup> do produto comercial), oxicleto de cobre (Cuprogarb 350 – 4 g l<sup>-1</sup> do produto comercial), piraclostrobina + metiram (Cabrio Top – 3,0 kg ha<sup>-1</sup> do produto comercial). Foi utilizado o sistema Blitecast para determinar o momento da aplicação de fungicidas, através do acúmulo de valores de severidade (VS) igual a 0 (*Test*), 18, 24 e 30. Para fins de comparação, a irrigação foi realizada por aspersão, utilizando a dotação de 1,0 *ETm*, 0,75 *ETm*, 0,50 *ETm* e sem irrigação. Os resultados mostram que em períodos relativamente secos com temperatura alta, a produtividade foi influenciada pela irrigação, principalmente quando a necessidade hídrica da cultura foi plenamente atendida com a reposição de 100% da *ETm*. Em períodos úmidos, a produtividade foi influenciada pela eficiência no controle da requeima. O sistema Blitecast com acúmulo de 18 valores de severidade (*Bli18*) foi o mais eficiente em comparação com o *Bli24* e o *Bli30* para o controle da requeima da batata, como esquema de gerenciamento de aplicação de fungicidas. A irrigação realizada em intervalos de pelo menos três dias não teve influência significativa sobre a incidência e o desenvolvimento da requeima.

Palavras-chave: Níveis de irrigação, *Solanum tuberosum*, sistemas de alerta, requeima, molhamento foliar, rendimento.

## Abstract

Master of Science Dissertation  
Graduate Program in Agricultural Engineering  
Universidade Federal de Santa Maria – RS, Brazil

### **EFFECT OF DIFFERENT LEVELS OF IRRIGATION ON THE YIELD AND OCCURRENCE OF LATE BLIGHT IN POTATO**

**AUTHOR:** EDENIR LUIS GRIMM  
**ADVISOR:** ARNO BERNARDO HELDWEIN  
Santa Maria, RS, Brazil, February 22<sup>nd</sup>, 2007

Potato is grown in Central Rio Grande do Sul State mainly by small farmers, which use weekly sprayings with fungicides, without taking into account if meteorological conditions favor or not Late Blight and other pathogens. Water deficit can affect potato development and growth, which may affect tuber yield and quality. Irrigation applied inadequately may favor diseases due to leaf wetting. Both leaf wetting and high relative humidity play an important role in epidemic events, favoring Late Blight (*Phytophthora infestans*), a pathogen with high potential of causing disease. The objective of this study was to determine the effect of different levels of irrigation on yield and occurrence of Late Blight in potato cv. *Asterix* in the area of influence of the Meteorological Station of Santa Maria. Two experiments were conducted at the experimental field, Crop science Department, Federal University of Santa Maria. One experiment was during spring, from 21/11/2005 (emergence) to 21/02/2006 (harvest). The second experiment was during fall, from 10/04 (emergence) to 13/07/2006. The experimental design was a complete randomized, with four replications. Each replication was a 5 m x 3,2 m plot with four rows. Plant spacing was 0,8 m x 0,3 m. Fungicides used to control Late Blight were mancozeb (Dithane NT – 3,0 Kg ha<sup>-1</sup>), copper oxychloride (Cuprocarb 350 – 4 g l<sup>-1</sup>), pyraclostrobin + metiram (Cabrio Top – 3,0 Kg ha<sup>-1</sup>). The Blitecast model was used to indicate the timing of spraying, by accumulating severity values (VS) of 0 (control), 18, 24, and 30. Sprinkling irrigation was used assuming 1,0 ETm, 0,75 ETm, 0,50 ETm and no irrigation. Results showed that in dry and high temperature periods, yield was affected by irrigation, mainly when crop water demand was plenty recharged with 100% ETm. During wet periods, yield was affected by the efficiency of Late Blight control. The Blitecast model with a severity value of 18 (*Bli18*) was the most efficient for controlling Late Blight, compared to *Bli24* and *Bli30*, as a tool for managing fungicides application. Irrigations applied at least every three days did not affect Late Blight incidence and development.

Key words: irrigation depth, *Solanum tuberosum*, forecast system, Late Blight, leaf wetness, yield.

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1. Critérios para computar o acúmulo de valores de severidade (*VS*) somados em função do número de horas de umidade relativa do ar (*UR*) acima de 90% e da temperatura média do ar nesse período, utilizando-se o sistema de previsão blitecast para a aplicação de fungicidas na cultura da batata para o controle de *Phytophthora infestans*, (Mont.) De Bary através. Santa Maria, 2006..... 24
- FIGURA 2. Altura de hastes, número de folhas e índice de área foliar (*IAF*) em função do número de dias após a emergência (*DAE*) na cultura da batata em cultivos na primavera de 2005 (a, b, c, respectivamente) e no outono de 2006 (d, e, f, respectivamente). Santa Maria, 2006..... 40
- FIGURA 3. Ciclo de desenvolvimento para a cultura da batata, cv. *Asterix*: as fases de desenvolvimento entre a emergência e início da estolonização (*EM-IE*), início da estolonização e início da tuberização (*IE-IT*), início da tuberização e início da senescência (*IT-IS*) e início da senescência até a colheita (*IS-CO*) em dois experimentos, da primavera de 2005 e do outono de 2006. Santa Maria, 2006. 37
- FIGURA 4. Valores de severidade acumulados (*VSac*) pelo sistema blitecast, precipitação pluviométrica, umidade relativa do ar média diária (*URam*) e temperatura do ar média diária em dois experimentos, da primavera de 2005 e do outono de 2006. Santa Maria, 2006..... 42
- FIGURA 5. Irrigações realizadas durante a primavera de 2005 na cultura da batata, cv. *Asterix* em três níveis de atendimento da evapotranspiração máxima (*ETm*) (a = *ETm100*, b = *ETm75* e c = *ETm50*), e em função da precipitação ocorrida em cada dia após a emergência (*DAE*) das plantas. Santa Maria, 2005..... 47
- FIGURA 6. Irrigações realizadas durante o outono de 2006 na cultura da batata, cv. *Asterix* em três níveis de atendimento da evapotranspiração máxima (*ETm*) (a = *ETm100*, b = *ETm75* e c = *ETm50*), e em função da precipitação ocorrida em cada dia após a emergência (*DAE*) das plantas. Santa Maria, 2006. .... 48
- FIGURA 7. Valores de severidade acumulados (*VSac*) pelo sistema blitecast, tempo em horas com umidade relativa maior que 90% (*HUR>90*) e precipitação, acumulados durante as fases de emergência – início da tuberização (*EM-IT*), início da tuberização – início da senescência (*IT-IS*) e início da senescência – colheita (*IS-CO*) na cultura da batata, cv. *Asterix*, na primavera de 2005. Santa Maria, 2005.. . 50
- FIGURA 8. Valores de severidade acumulados (*VSac*) pelo sistema blitecast, tempo em horas com umidade relativa maior que 90% (*HUR>90*) e precipitação, acumulados durante as fases de emergência – início da tuberização (*EM-IT*), início da tuberização – início da senescência (*IT-IS*) e início da senescência – colheita (*IS-CO*) na cultura da batata, cv. *Asterix*, no outono de 2006. Santa Maria, 2006... 51

- FIGURA 9. Precipitação, valores de severidade acumulados (*VSac*) e evolução da severidade de dano observada de *Phytophthora infestans*, (Mont.) De Bary na ausência de fungicida (*Test*) e com aplicação quando pelo sistema blitecast com os tratamentos *Blit18*, em cultivo de batata, cv. *Asterix*, no outono de 2006. Santa Maria, 2006. .... 53
- FIGURA 10. Evolução da severidade observada da requeima em cultivo de batata, cv. *Asterix*, em função da aplicação de fungicidas quando foram acumulados 18, 24, 30 *VS* pelo sistema blitecast (*Blit18*, *Blit24*, e *Blit30*) e tratamento sem aplicação (*Test*), em experimento de outono. Santa Maria, 2006. .... 54
- FIGURA 11. Relação entre a produtividade total (*PT*, t ha<sup>-1</sup>), em função dos dias de área foliar sadia (*DAFS*, dias), área abaixo da curva de progresso da doença (*AACPD*) e severidade final observada, com valores transformados em raiz de arco seno, para a batata, cv. *Asterix*, cultivado no período de outono. Santa Maria, 2006. .... 56

## LISTA DE TABELAS

- TABELA 1. Tratamentos de irrigação e controle de doenças, utilizando valores de severidade (*VS*) calculados pelo sistema Blitecast para o clone de batata Asterix. Santa Maria, 2006. .... 29
- TABELA 2. Descrição dos subperíodos de desenvolvimento para a cultura da batata, cv Asterix, e respectivo coeficiente de cultura (*Kc*), segundo Franke & Konig, 1994. .... 30
- TABELA 3. Produtividade total (*PT*) de batata, cv Asterix, dias com área foliar sadia (*DAFS*), área abaixo da curva de progresso da doença (*AACPD*) e severidade observada da doença no outono de 2006, em função de diferentes tratamentos de aplicação de fungicidas pelo sistema Blitecast. Santa Maria, 2006. .... 56
- TABELA 4. Produtividade total de batata, cv Asterix, na primavera de 2005 e no outono de 2006, em função de diferentes níveis de irrigação calculados a partir do acúmulo diário da *ETm* e aplicados em função das condições meteorológicas desfavoráveis à deriva. Santa Maria, 2006. .... 58
- TABELA 5. Produtividade total (*PT*) de batata, cv Asterix, em função da aplicação de fungicidas baseado no cálculo de 18, 24 e 30 valores de severidade (*VS*) (*Bli18*, *Bli24* e *Bli30*), pelo sistema blitecast, com o respectivo número de aplicações e as horas com umidade relativa acima de 90% para a primavera de 2005 e o outono de 2006. Santa Maria, 2006. .... 59

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1. Aplicação de fungicidas em função do acúmulo de valores de severidade ( <i>VS</i> ) calculados pelo sistema blitecast quando foram acumulados 18 ( <i>Bli18</i> ), 24 ( <i>Bli24</i> ) e 30 ( <i>Bli30</i> ) pontos, em dias após a emergência das plantas ( <i>DAE</i> ), para a batata, cv. Asterix, na primavera de 2005 e outono de 2006. Santa Maria, 2006. ....	43
---	----

## LISTA DE ANEXOS

- ANEXO 1 Escala diagramática utilizada para avaliar a severidade da requeima, causada por *Phytophthora infestans*, (Mont.) De Bary em plantas de batata (JAMES, 1971)..... 69
- ANEXO 2. Tabela com as temperaturas médias noturnas (das 21:00 h às 6:00 h) em experimentos de batata, cv. Asterix, na primavera de 2005. Santa Maria, 2006.....70

## LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

Sigla	Descrição	Unidade
<i>AACPD</i>	Área abaixo da curva de progresso da doença	
<i>AF</i>	Área foliar	cm <sup>2</sup>
<i>AFt</i>	Área foliar total da planta	cm <sup>2</sup>
<i>Ah</i>	Altura das hastes	cm
<i>Bli18</i>	Aplicação de fungicida com a soma de 18 VS pelo sistema Blitecast	
<i>Bli24</i>	Aplicação de fungicida com a soma de 24 VS pelo sistema Blitecast	
<i>Bli30</i>	Aplicação de fungicida com a soma de 30 VS pelo sistema Blitecast	
<i>C</i>	Comprimento máximo da folha	cm
<i>CO</i>	Colheita	
<i>DAE</i>	Dias após a emergência	dias
<i>DAFS</i>	Dias de área foliar sadia	dias
<i>Ef</i>	Espaçamento entre fileiras	cm
<i>EM</i>	Emergência (Bätz et al., 1980)	
<i>Ep</i>	Espaçamento entre plantas	cm
<i>ET</i>	Evapotranspiração	
<i>ETm</i>	Evapotranspiração máxima	mm
<i>ETmac</i>	Evapotranspiração máxima acumulada	mm
<i>ETm100a</i>	Aplicação de lâmina de água na quantidade de 100% da <i>ETm</i> por aspersão	mm
<i>ETm100g</i>	Aplicação de lâmina de água na quantidade de 100% da <i>ETm</i> por gotejamento	mm
<i>ETm75a</i>	Aplicação de lâmina de água na quantidade de 75% da <i>ETm</i> por aspersão	mm
<i>ETm50a</i>	Aplicação de lâmina de água na quantidade de 50% da <i>ETm</i> por aspersão	mm
<i>ETo</i>	Evapotranspiração potencial	mm
<i>ETop</i>	Evapotranspiração de referência determinada pelo método de Penman	mm
<i>HUR&gt;90</i>	Tempo em horas com umidade relativa do ar superior ou igual a 90%	h
<i>IAF</i>	Índice de área foliar	cm <sup>2</sup> cm <sup>2</sup>
<i>IS</i>	Início da senescência	
<i>IE</i>	Início da estolonização	
<i>IT</i>	Início da tuberização	
<i>Kc</i>	Coefficiente de cultura	

Sigla	Descrição	Unidade
<i>L</i>	Largura máxima da folha	cm
<i>Nfh</i>	Número de folhas de cada haste	un
<i>RT</i>	Rendimento total	t ha <sup>-1</sup>
<i>Tam</i>	Temperatura do ar média	°C
<i>Tar</i>	Temperatura do ar (bulbo seco)	°C
<i>URa</i>	Umidade relativa do ar	%
<i>URam</i>	Umidade relativa do ar média diária	%
<i>VS</i>	Valores de severidade	
<i>VSac</i>	Valores de severidade acumulados	

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	15
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	18
2.1	A Planta de Batata	18
2.2	A batata no Mundo, no Brasil, e na região central do Rio Grande do Sul	18
2.3	Principais fatores limitantes ao cultivo e produção	19
2.3.1	Requeima da batata	20
2.3.1.1	Efeito do ambiente sobre o patógeno <i>Phytophthora infestans</i> (Mont.) De Bary	21
2.3.1.2	Controle da Requeima	22
2.3.1.3	Sistemas de previsão	23
2.4	Irrigação na cultura da batata	25
2.4.1	Consumo de água da cultura	26
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	27
3.1	Caracterização Geral dos Experimentos	27
3.2	Irrigação	30
3.2.1	Variáveis Meteorológicas e seu Processamento	31
3.3	Avaliações Fenológicas e Fenométricas	32
3.4	Avaliação da incidência e severidade de dano causado pela requeima	33
3.5	Considerações sobre a implantação tardia do experimento de primavera de 2005	35
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	36
4.1	Crescimento e desenvolvimento da cultura	36
4.1.1	Desenvolvimento da cultura	36
4.1.2	Comprimento das hastes	37
4.1.3	Número de folhas	38
4.1.4	Índice de área foliar	38
4.2	Condições meteorológicas durante os experimentos e acúmulo de valores de severidade	41
4.2.1	Aplicações de fungicidas em função das condições meteorológicas e do acúmulo de VS	43
4.3	Irrigação realizada durante os experimentos	44
4.4	Incidência e evolução da severidade da requeima	49
4.4.1	Experimento de primavera	49
4.4.2	Experimento de Outono	50
4.5	Rendimento da cultura	54
4.5.1	Relação entre rendimento e o ataque de <i>Phytophthora infestans</i> , (Mont.) De Bary nas plantas de batata	55
4.5.2	Produtividade e irrigação	57
4.5.3	Rendimento em função do acúmulo de valores de severidade (VS) do sistema Blitecast	58
4.5.4	Interação entre irrigação, sistema de previsão e rendimento da cultura	60
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	61
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS</b>	62
<b>7</b>	<b>ANEXOS</b>	69

## 1 INTRODUÇÃO

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é originária dos Andes peruanos e bolivianos onde é cultivada há mais de 7.000 anos. Recebe diferentes nomes conforme o local: Araucano ou Poni (Chile), Iomy (Colômbia), Papa (na região do antigo Império Inca e Espanha), Patata (Itália), Irish Potato ou White Potato (Irlanda) (ABBA, 2006).

A batata pertence à família *Solanaceae*, gênero *Solanum*, do qual se tem conhecimento de mais de 2000 espécies, sendo que pelo menos 150 são produtoras de tubérculos. Por ser mais adaptada, a espécie *Solanum tuberosum* L, sub-espécie *tuberosum* de dias longos, é utilizada na produção comercial, enquanto que a sub-espécie *andígena*, de dias curtos, é utilizada no melhoramento, como fonte de variabilidade genética (BISOGNIN, 1996).

Poucas são as culturas que desempenham um papel tão importante como fonte de alimento para as populações, em termos de quantidade produzida e consumida (AGUIAR NETTO et. al., 2000). Na região central do Estado do Rio Grande do Sul, o cultivo da batata tem grande importância econômica e social. O cultivo da batata é realizado em sua maioria por pequenos produtores, que se concentram principalmente nos municípios de Silveira Martins, Ivorá, Júlio de Castilhos, Itaara, São Martinho da Serra, Restinga Seca e Santa Maria.

Para que os genótipos de batata em uso na produção comercial expressem o seu potencial produtivo, é necessário que as condições de disponibilidade hídrica e de nutrientes no solo e as condições micrometeorológicas exigidas pela cultura sejam atendidas, e que as pragas e fitopatógenos não causem danos significativos à mesma. As variáveis meteorológicas são difíceis de serem controladas. Entretanto, a deficiência de água pode ser manejada nos períodos de seca através de irrigação. A temperatura e a umidade do solo, geralmente têm grande influência no desenvolvimento de insetos-praga e doenças de um microambiente como o de uma lavoura de batata.

Os efeitos da disponibilidade hídrica são significativos sobre a cultura, pois a insuficiência de água pode afetar tanto o desenvolvimento quanto o crescimento, o que se reflete na produtividade e na qualidade dos tubérculos. Conhecer apenas a quantidade total de água exigida pela cultura não implica num eficiente manejo da irrigação, sendo imprescindível, portanto, o conhecimento das suas necessidades hídricas nos diferentes estágios ou fases fenológicas do seu ciclo de desenvolvimento (BEZERRA et al., 1998) e as reais condições de demanda hídrica pela atmosfera, em geral quantificada pela evapotranspiração de referência.

A cultura da batata é uma das mais exigentes em água. De maneira geral, de acordo com o ciclo e principalmente das condições meteorológicas predominantes, essa cultura pode apresentar um consumo de água aproximado de 300 a 700 mm durante o período de cultivo (GARCIA, 2003). A irrigação adequada, conforme sua necessidade diária possibilita a obtenção de altas produtividades e tubérculos com melhor qualidade, aumentando o rendimento econômico da cultura para os produtores, além de diminuir os problemas fitossanitários decorrentes da irrigação excessiva ou com frequência inadequada.

O manejo ideal da irrigação é aquele que mantém continuamente, durante o ciclo de crescimento das plantas, condições favoráveis de umidade do solo (BISOGNIN, 1996) para atender a demanda de água e evitar a formação de ambiente anaeróbio no espaço do solo explorado pelas raízes. Caso contrário, as raízes das plantas de batata ficam submetidos a deficiência de oxigênio e as partes aéreas não produzem carboidratos e as folhas morrem devido a substâncias tóxicas produzidas no ambiente anaeróbico do solo (NUNES FLECHA, 2004).

A irrigação em excesso eleva a disponibilidade de água no solo e pode provocar o prolongamento do período de molhamento na parte aérea da planta. Com isso, as condições de microclima podem ser mais propícias ao desenvolvimento de muitos patógenos, pois são favorecidos os processos de infecção, colonização dos tecidos vegetais e sua posterior disseminação. Por si só, quer por aspersão, quer por sulco, ela não determina o aumento da incidência ou da severidade, mas seu efeito é determinado pelas condições criadas pelo sistema de irrigação, interagindo com as condições ambientais, como temperatura do ar, a umidade do ar e o tempo de molhamento da parte aérea da planta, tipo de solo, intensidade e frequência de irrigação, fatores relacionados ao manejo da cultura, variedade plantada, seu porte e espaçamento (RIBEIRO DO VALE & ZAMBOLIM, 1996).

Em relação às principais doenças com potencial destrutivo, tanto o molhamento foliar quanto a umidade relativa do ar elevada desempenham um importante papel (RIBEIRO DO VALE & ZAMBOLIM, 1996). O molhamento da parte aérea favorece a ocorrência da requeima causada pelo patógeno *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary, também denominada popularmente de mela da batata, e que traz grandes prejuízos aos produtores de batata por ser uma doença de difícil controle. Em condições com temperatura amena e muita umidade, pode destruir uma lavoura em poucos dias (BISOGNIN, 1996).

Na região em que foi desenvolvido o estudo, os produtores utilizam-se de programas fitossanitários que estabelecem um calendário semanal de aplicação de fungicidas para melhorar a eficiência do controle e prevenção de pragas e doenças (BISOGNIN, 1996;

KIMATI et al., 1997). Esse esquema de aplicações pode ser considerado excessivo, pois ao longo de um ciclo de cultivo é muito provável que ocorra um período em que as condições ambientais sejam desfavoráveis aos patógenos e, portanto, nele é desnecessária a aplicação de defensivos.

Com a intenção de serem obtidos critérios para a aplicação de fungicidas, foram desenvolvidos alguns modelos para a previsão do aparecimento da requeima. Um dos modelos de previsão para o controle desta doença mais utilizado é o BLITECAST, desenvolvido por KRAUSE et al. (1975). Esse modelo prevê o primeiro aparecimento da doença e recomenda aplicação de fungicidas baseada no número de dias favoráveis para o desenvolvimento da doença (GARCÍA, 2005).

O uso de sistemas de previsão pode ter algumas vantagens como maior lucro ao produtor, decréscimo do risco de ocorrência de epidemias, redução do número de pulverizações e menor dano ao homem e ao ambiente (BERGAMIN FILHO & AMORIM, 1995).

A partir das considerações apresentadas a respeito da importância da irrigação adequada e dos danos da requeima nos cultivos de batata, o trabalho teve como objetivo determinar o efeito de diferentes níveis de irrigação na produtividade e na ocorrência de requeima na cultura da batata, cultivar Asterix, na região de abrangência da Estação Meteorológica de Santa Maria e, verificar a eficiência da utilização do sistema Blitecast no controle da requeima em cultivos irrigados.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A Planta de Batata

A batata é uma planta dicotiledônea, da família Solanaceae e do gênero *Solanum*. Entre todas as espécies, a *Solanum tuberosum L.*, é a mais adaptada e utilizada para o cultivo comercial (BISOGNIN, 1996). Segundo Bodlaender (1963), citado por Souza (2003), a planta de batata sob condições de fotoperíodo longo aumenta o seu florescimento e, sob de fotoperíodo curto a maioria das cultivares abortam as flores antes da sua abertura.

Os órgãos com maior interesse econômico da batata são os tubérculos. Estes são caules modificados e pertencem ao sistema radicular e contém todas as características morfológicas próprias do caule. São os principais órgãos de armazenamento e propagação da planta e o seu formato pode variar de redondo a ovalado, podendo também ser achatado ou alongado (FORTES & PEREIRA, 2003). A coloração externa é amarela ou rosada de diferentes tonalidades, variando com a cultivar. Se expostos a luz solar por alguns dias, os tubérculos se tornam verdes, pela produção superficial de clorofila e na parte interna pelo acúmulo de solanina, substância alcalóide tóxica. Na superfície do tubérculo encontram-se as gemas dormentes, que ao se desenvolverem, originam um novo sistema de hastes e estolões (FORTES & PEREIRA, 2003).

### 2.2 A batata no Mundo, no Brasil, e na região central do Rio Grande do Sul

A produtividade e a produção brasileira ainda são consideradas muito baixas, em comparação com outros países. A China, em 2005 colheu 73 milhões de toneladas, a Rússia 37 milhões, a Índia 25 milhões e os Estados Unidos 19 milhões de toneladas (FAO, 2006). Porém, os maiores produtores mundiais por área são a Holanda com 43 t ha<sup>-1</sup>, Estados Unidos 43 t ha<sup>-1</sup>, Inglaterra 42 t ha<sup>-1</sup>, França 42 t ha<sup>-1</sup> (FAO, 2006).

No Brasil a cultura da batata teve um crescimento na produção de 46% nos últimos 20 anos, alcançando mais de 2,5 milhões de toneladas em 2000, com produtividade média acima do dobro no mesmo período (EMBRAPA, 2006).

Os maiores produtores são os estados de Minas Gerais, São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul. Em 2005, a área colhida com batata no país foi de 142.111 ha, com uma produção de 3.128.488 de toneladas. A estimativa para o ano de 2006 é de redução de 0,70%

na área colhida, enquanto que na produção estima-se uma redução de 0,33%. A produtividade média no ano de 2005 foi de 22 t ha<sup>-1</sup>, e para o ano de 2006, apesar de uma estimativa de redução na área colhida e na produção total, está sendo previsto um incremento de 0,37% na produtividade média em relação ao ano anterior (IBGE, 2006).

Na região central do Estado do Rio Grande do Sul, o cultivo da batata tem grande importância econômica e social. O cultivo da batata é realizado em sua maioria por pequenos produtores, que se concentram principalmente nos municípios de Silveira Martins, Ivorá, Júlio de Castilhos, Itaara, São Martinho da Serra, Restinga Seca e Santa Maria.

As épocas de plantio recomendadas para esta cultura no Estado do Rio Grande do Sul são duas: a safra de primavera, com plantios de Agosto a Outubro e a safra de verão, também denominada de safrinha, com plantios de Janeiro a Março (BISOGNIN, 1996).

### **2.3 Principais fatores limitantes ao cultivo e produção**

Os rendimentos elevados desta espécie vegetal dependem além do potencial genético, das condições meteorológicas, edáficas e das práticas de cultivo. Referente às condições meteorológicas, a disponibilidade hídrica tem grande efeito sobre a cultura, pois a insuficiência de água pode afetar tanto o desenvolvimento quanto a produtividade e a qualidade da produção (BEZERRA, 1995). A necessidade de água na cultura da batata é bastante variável, dependendo principalmente das condições ambientais locais (DUARTE, 1989).

As condições ambientais, em geral, são difíceis de serem controladas nos cultivos a campo como os de batata. No entanto, para os períodos de estiagem, a irrigação pode suprir a necessidade hídrica da cultura. A irrigação, dependendo do manejo utilizado, pode criar condições favoráveis ou não para o desenvolvimento de doenças. Assim, irrigações muito freqüentes podem favorecer e intensificar os danos causados pela requeima. Além disso, a temperatura e a umidade do solo, geralmente têm grande influência no desenvolvimento de insetos-praga e doenças em um microambiente como o de uma lavoura de batata.

Entre os fatores que limitam a produção de batata, as doenças ocupam um lugar de destaque, principalmente em regiões subtropicais úmidas e temperadas úmidas como as do sul do Brasil.

A ocorrência de uma doença depende da inter-relação entre patógeno, hospedeiro e ambiente (AGRIOS, 1997). A disseminação dos patógenos causadores de doenças na cultura da batata pode ocorrer por tubérculos doentes, restos culturais, pelo vento e pela chuva

(GALLI, et al., 1980). A agressividade da doença está relacionada com a habilidade do patógeno em infectar e colonizar a planta, bem como com as condições ambientais favoráveis, características de áreas tropicais e subtropicais (SUASSUNA et al., 2004). Outro fator que influencia o nível de ataque das doenças em lavouras comerciais é a utilização ou não, de cultivares resistentes aos patógenos.

Vários fatores ambientais regulam o início e o grau de formação do tubérculo e conseqüentemente a produção. Entre estes fatores a temperatura do solo tem grande importância, pois se esta for muito elevada durante a fase de formação dos tubérculos, pode estimular deformações tais como embonecamento ou formação de tubérculos secundários (LOVATO, 2005). Além da interferência da temperatura do solo, também o fotoperíodo é importante, pois quando curto, antecipa e acelera a indução da tuberização (LOVATO, 2005). Aliada às condições ambientais, a disponibilidade de nutrientes do solo também é importante para uma boa formação de tubérculos. Todos os fatores interagem de uma forma extremamente complexa para induzir ou inibir a formação do tubérculo (BARROTI & HAYASHI, 2005).

### **2.3.1 Requeima da batata**

O patógeno *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary é parasitário nas Solanáceas, principalmente em batata e tomate. (VON ARX, 1987 apud DeJARNETT, 2006) Os seus esporângios são formados principalmente sob condições de elevada umidade relativa do ar durante o período noturno e nos períodos chuvosos. A sua dispersão ocorre sob condições mais secas durante o período diurno através de vento. Ao serem depositados na superfície da planta germinam sob condições úmidas, por exemplo, em gotículas de orvalho. A infecção se dá através dos estômatos da planta (VON ARX, 1987 apud DeJARNETT, 2006).

Dentre os atributos do organismo que interferem diretamente na dinâmica espaço-temporal de requeima, destacam-se o curto período latente, alta taxa de lesão e alta capacidade de esporulação. O período latente pode variar de 3 a 4 dias, o que permite vários ciclos de vida do patógeno durante uma safra da planta hospedeira. Os esporângios produzidos abundantemente nas lesões, são adaptados à dispersão pelo vento, com alta eficiência (LUZ, 2001).

O patógeno sobrevive entre estações de cultivo em plantas voluntárias e restos culturais, sendo que o inóculo produzido em plantas remanescentes de culturas anteriores constitui importante fonte de disseminação (ZAMBOLIM, 1997).

A requeima pode ocorrer em qualquer fase do desenvolvimento da cultura podendo afetar severamente folhas, hastes, pecíolos e tubérculos. A rápida disseminação do patógeno e seu elevado potencial destrutivo caracterizam a requeima como a mais importante e agressiva doença da cultura da batata em todo o mundo (GOMES et al., 2002).

Segundo Bisognin (1996), os sintomas do ataque do patógeno consistem em lesões pardo-escuras nas folhas, de tamanho e forma irregulares, que progridem para os pecíolos e hastes e, em condições favoráveis, principalmente períodos chuvosos no final da senescência, este pode atingir, inclusive, os tubérculos. Os sintomas também podem ser vistos na parte inferior das folhas, na forma de um mofo cinza-esbranquiçado, constituído pelas estruturas reprodutivas ou esporangióforos do oomiceto.

*Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary, bem como a maioria dos oomicetos, são epidemiologicamente únicos por causa da sua habilidade de rápido desenvolvimento, tanto no solo quanto na área foliar das plantas, quando as condições meteorológicas forem favoráveis ao seu desenvolvimento (ERWIN & RIBEIRO, 2005).

A doença pode se desenvolver em uma ampla faixa de temperatura (10 a 29°C) e pode comprometer todo o campo de produção em apenas poucos dias (ROSS, 1986; HENFLING, 1987; LOPES & SANTOS, 1994; FRY & MIZUBUTI, 1998; KAMOUN et al., 1999). Sob temperaturas acima de 30°C a requeima dificilmente ocorre, mas o patógeno permanece vivo, podendo provocar danos assim que as condições meteorológicas se tornarem novamente favoráveis (LOPES & SANTOS, 1994; ZAMBOLIM et al., 2000). O aumento da duração do período de molhamento foliar leva a um aumento da severidade da doença. O molhamento foliar depende da relação entre os vários elementos meteorológicos que estão associados ao balanço de energia do dossel de plantas, entre eles: umidade relativa do ar e umidade do solo, saldo de radiação, precipitação e velocidade do vento.

### **2.3.1.1 Efeito do ambiente sobre o patógeno *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary**

Pode-se dizer que todas as fases do ciclo de desenvolvimento da requeima (infecção, colonização, esporulação, dispersão e sobrevivência) são afetadas por um ou mais elementos meteorológicos, considerando-se apenas o efeito das condições ambientais sobre o patógeno (TRENTIN, 2006).

As principais condições ambientais que afetam o desenvolvimento da requeima estão relacionados aos elementos meteorológicos, destacando-se a temperatura do ar e a presença de

água na superfície foliar. A doença é mais severa em condições de alta umidade relativa do ar, com valores acima de 90%, e de temperaturas moderadas, entre 10 e 20°C (GOMES, 2002).

A temperatura age como catalisador dos processos biológicos, possibilitando um rápido desenvolvimento da doença em caso de haver temperatura ótima para o Oomiceto, ou ao contrário, paralisando-o no caso da temperatura ser crítica para a sobrevivência do mesmo, como valores acima de 30°C (ZAMBOLIM et al., 2000) e abaixo de 7°C (HYRE, 1954). A água, em seus estados físicos, gasoso e líquido, também possui grande importância para o desenvolvimento do patógeno, agindo como meio de transporte de esporângios e esporos, permitindo a locomoção de zoósporos, além de estimular a germinação dos esporângios (HELDWEIN, 1993; REIS, 2004).

### **2.3.1.2 Controle da Requeima**

Por ser uma doença agressiva e apresentar alta taxa de progresso em condições favoráveis, recomenda-se adotar medidas que visam prevenir a doença, o que produz melhores resultados em relação à eficácia no controle em relação às medidas de caráter curativo (TRENTIN, 2006).

O controle químico dessa doença é efetuado, geralmente, com o uso de fungicidas, cuja aplicação é realizada semanalmente pela grande maioria dos produtores, desconsiderando aspectos biológicos relacionados ao ciclo de vida do patógeno e as condições meteorológicas (GOMES, 2002; TRENTIN, 2006). A fim de prevenir o surgimento de resistência na população de *P. infestans*, Mont de Bary tem sido recomendado a aplicação de forma intercalada de fungicidas de ação sistêmica e de contato, (COSTA, 2002).

Os fungicidas de contato afetam as estruturas do patógeno na superfície da planta atuando em suas fases de germinação e penetração. No caso dos fungicidas sistêmicos, uma aplicação constante e uniforme não é tão importante quanto o é com os fungicidas de contato, porque depois da aplicação, o fungicida sistêmico penetra na planta e de baixo para cima, ainda é mobilizado para partes da planta onde não havia depósitos do produto fungicida (NORTHCOTE, 2001).

O uso excessivo de produtos químicos para o controle da requeima ocasiona vários problemas, como: aumento do custo de produção, maior probabilidade de intoxicação de aplicadores, contaminação do ambiente pela deriva e lixiviação dos excessos dos produtos pulverizados, resíduos de fungicidas em tubérculos e surgimento de isolados do patógeno resistentes a fungicidas (ZAMBOLIM et al., 1990; ROYLE & SHAW, 1988).

Em função da ocorrência de mutações que ocorrem ao longo do tempo, este patógeno pode se tornar resistente a alguns produtos empregados no seu controle. A resistência ao ingrediente ativo metalaxyl tem sido reportada dentro de populações de *P. infestans* em nível mundial, constituindo-se em um fator limitante no uso deste fungicida (CIP, 2007).

Pelo uso excessivo de produtos químicos e a possibilidade do patógeno tornar-se resistente a estes produtos foi necessária a busca de alternativas como o desenvolvimento de programas ou sistemas de previsão desta doença. Esse procedimento têm se destacado como uma alternativa para otimizar o uso de produtos químicos, uma vez que auxiliam o processo de tomada de decisão, indicando períodos de condições favoráveis ao desenvolvimento das doenças, permitindo determinar o momento adequado para as aplicações de fungicidas (HYRE, 1954).

### 2.3.1.3 Sistemas de previsão

Os sistemas de previsão, também são denominados de “modelos preditivos” ou “previsores”, têm por objetivo orientar os agricultores na tomada de decisões quanto ao momento mais adequado da aplicação de fungicidas quando da necessidade do controle de doenças. Estes podem indicar o momento da primeira aplicação e/ou das demais aplicações (REIS, 2004).

Existem vários sistemas de previsão do surgimento da requeima da batata, causada pelo oomiceto *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary. Entre os principais estão os sistemas preconizados por Hyre (1954), Wallin (1962), Krause et al., (1975), Mckenzie (1981), entre outros. Estes sistemas de alerta para a requeima se baseiam na umidade relativa do ar (*URa*) e na temperatura do ar (*Tar*), sendo acumulados valores de severidade (*VS*), limitados entre zero e quatro para cada dia, com determinado número de horas de *UR* acima de 90% (*HUR*>90) em uma determinada faixa de *Tar* entre os extremos de 7°C e 27°C (Figura 1). Quanto maior o número de horas com *URa* acima de 90% e com *Tar* próxima da temperatura ótima para a requeima (16°C a 22°C), maior será o valor acumulado de *VS* (REIS, 2004) e menor deverá ser o intervalo de tempo entre duas aplicações de fungicida.

Um dos modelos mais utilizados para o controle da requeima em batata, e que também se baseia no acúmulo de *VS* contados a partir da *Tar* e do número de horas com *UR* acima de 90% (*HUR*>90), é o BLITECAST (Krause et al., 1975), o qual integra os modelos de Hyre (1954) e de Wallin (1962). A parte I do programa faz o prognóstico da primeira ocorrência da requeima (1ª incidência) 7-14 dias depois de acumulados os primeiros 10 dias favoráveis,

segundo os critérios de Hyre ou a acumulação de 18 valores de severidade do modelo de Wallin. A parte II recomenda as aplicações de fungicida baseadas no número de dias com chuva favoráveis e os valores de severidade acumulada durante os sete dias prévios, os quais são ajustados numa matriz de correlação. Na Califórnia uma versão modificada deste modelo foi incorporada dentro de um programa de manejo da cultura, denominado WIDSON (KRAUSE et al., 1975). Na Figura 1 são apresentados os critérios para o cálculo dos valores de severidade de doença (*VS*), em função da duração do período de molhamento foliar e da temperatura média do ar durante esse período. Salienta-se que nesses critérios não há diferenciação se o valor do tempo de molhamento é decorrente de orvalho, nevoeiro, chuva ou irrigação, uma vez que é substituído pelo tempo em que a *URa* é maior que 90% ( $HUR > 90$ ). Teoricamente é justificável a idéia de que em áreas irrigadas existem condições de  $HUR > 90$  maiores e de tempo de molhamento foliar mais prolongado e, portanto, mais favoráveis ao patógeno.

Horas com UR do Ar > 90%	Temperatura do ar (°C)																				
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

VS = ■ = 0 ponto; ■ = 1 ponto; ■ = 2 pontos; ■ = 3 pontos; ■ = 4 pontos

Figura 1. Representação da tabela de Krause et al. (1975) com os critérios para computar o acúmulo de valores de severidade (*VS*) em função do número de horas de umidade relativa do ar (*URa*) acima de 90% e da temperatura média do ar nesse período, utilizando-se o sistema de previsão Blitecast para a aplicação de fungicidas na cultura da batata para o controle de requeima. Santa Maria, 2006

## 2.4 Irrigação na cultura da batata

O principal aspecto do uso e manejo da irrigação em qualquer cultura está relacionado à eficiência do uso da água, que deve envolver necessariamente aspectos agronômicos e de engenharia, além dos aspectos ambientais (CARLESSO et al., 2001).

O manejo ideal da irrigação é aquele que mantém continuamente, durante o ciclo de crescimento das plantas, condições favoráveis de umidade do solo para suprimento hídrico e maior fluxo de CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> em seu meio. Para a batata se tem utilizado como limites preferenciais de teores de água no solo, os valores correspondentes de -0,25 a -1,0 bar de potencial matricial de água na camada de solo explorada pelo sistema radicular (BISOGNIN, 1996). Nesse aspecto, a irrigação possibilita obter aumento de produtividade. Conforme Duarte (1989), a produtividade de uma área irrigada por aspersão em relação a uma área não irrigada, em Piracicaba - SP, aumentou em 78,5%, a uma taxa na ordem de 442 kg ha<sup>-1</sup> para cada 10 mm de água aplicada. No entanto, lâminas muito elevadas causam redução na produção (DUARTE, 1989).

Os métodos de irrigação mais empregados na cultura da batata são os por aspersão, produzida por pivô central, canhões autopropelidos e aspersores convencionais, métodos esses que utilizam grande quantidade de água, trazendo conseqüências negativas à cultura, como o desperdício de água, a lixiviação de nutrientes e o conseqüente desperdício de fertilizantes. Além disso, causam o molhamento da parte aérea e, em conseqüência, há uma maior suscetibilidade da cultura da batata à ocorrência de doenças (GARCIA, 2003).

Considerando diferentes métodos de irrigação, Martini (1990) testou a irrigação por sulcos e por aspersão para a cultura da batata na região de Santa Maria e não verificou diferenças na produção dos tratamentos. Porém no plantio com irrigação por sulcos houve maior incidência de podridões nos tubérculos.

A incidência e a intensidade de ataque das doenças nas culturas submetidas à irrigação por aspersão são favorecidas tendo em vista a otimização de dois importantes fatores relacionados com a patogênese. O primeiro é o maior número de horas com molhamento foliar favorável ao desenvolvimento e estabelecimento dos patógenos. O segundo é a maior turgescência dos tecidos vegetais mais aptos a uma rápida infecção (BALARDIN, 2001). A aplicação de altas lâminas de água propicia maior incidência de viroses e menor incidência de fusariose e de tubérculos embonecados (DUARTE, 1989).

### 2.4.1 Consumo de água da cultura

A necessidade de água da cultura normalmente se expressa pela taxa de evapotranspiração ( $ET$ ), que depende das condições meteorológicas, da disponibilidade hídrica no solo e da cobertura vegetal do terreno. A cultura da batata é uma cultura que faz parte do grupo I das culturas, consideradas mais susceptíveis a deficiência hídrica (DOORENBOS & KASSAM, 1979). A quantidade de água a ser aplicada na cultura varia com a evapotranspiração, um processo em que ocorrem simultaneamente a evaporação e a transpiração da cultura, que varia em função de diferentes condições de disponibilidade hídrica, do grau de cobertura vegetal ou índice de área foliar ( $IAF$ ), da demanda atmosférica e da fase de desenvolvimento em que as plantas se encontram (PEREIRA et al., 1997).

Sob condições de adequada disponibilidade hídrica no solo, que determina condição de ausência de estresse hídrico, recebe a denominação de evapotranspiração máxima ( $ETm$ ) e sua relação com a  $ETo$  resulta no coeficiente de cultura ( $Kc$ ).

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

Segundo Pereira et. al. (1995), o consumo mínimo de água ocorre no sub-período plantio-emergência e o máximo no sub-período de estolonização-tuberização, seguido do sub-período de desenvolvimento dos tubérculos. Franke & Konig (1994), encontraram uma evapotranspiração máxima de 524,86mm, durante o ciclo da cultura da batata, que transcorreu num período de aproximadamente 120 dias, cultivada na região de Santa Maria-RS. Portanto, o consumo de água ou  $ETm$  depende do ciclo da cultura, fator que está diretamente ligado com a variedade utilizada.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização Geral dos Experimentos

Foram realizados dois experimentos na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (latitude: 29°43'23''S, longitude: 53°43'15''W e altitude: 95 m). O primeiro experimento foi realizado no período de 21/11/2005 (emergência) a 21/02/2006 (colheita). O segundo foi implantado no primeiro semestre de 2006, e conduzido no período de 10/04 (emergência) e 13/07/2006 (colheita).

O clima da região, conforme a classificação de Köppen é do tipo Cfa, isto é, subtropical úmido com verões quentes e sem estação seca definida. As médias de temperatura do ar para o local, no mês de junho, são de 12,9°C, enquanto que para o mês de janeiro são de 24,6°C. A precipitação normal anual é de 1769 mm, distribuída de forma uniforme nas quatro estações do ano (MORENO, 1961).

O solo é pertencente à Unidade de Mapeamento São Pedro e é classificado como ARGISSOLO VERMELHO Distrófico Arênico (EMBRAPA, 1999).

Na semana anterior ao plantio de cada experimento foi realizado o preparo do solo da área, seguindo as recomendações técnicas descritas por Bisognin (1996). A adubação foi realizada levando-se em consideração a análise de solo e o cultivo realizado no período anterior à instalação do experimento. Observando-se que anteriormente havia sido cultivada batata na área disponível para a implantação do experimento e observando-se a análise de solo, chegou-se ao valor de 750 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O da fórmula 7-11-9, quantificada com base na análise do solo conforme a recomendação da COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. (CQFS - RS/SC, 2004).

A cultura da batata, cultivar “Asterix” foi implantada nos dois experimentos conforme as técnicas de plantio recomendadas para a região, com um espaçamento entre as fileiras de plantas de 0,80 m e entre as plantas nas fileiras de 0,30 m.

A amontoa foi realizada 18 dias após a emergência (*DAE*) no experimento de primavera e aos 14 *DAE* no experimento de outono.

Os fungicidas utilizados nos tratamentos para o controle de doenças através do sistema Blitecast foram mancozebe (Dithane NT – 3,0 kg ha<sup>-1</sup> do produto comercial), oxicloreto de cobre (Cuprogarb 350 – 4 g l<sup>-1</sup> do produto comercial), piraclostrobina + metiram (Cabrio Top – 3,0 kg ha<sup>-1</sup> do produto comercial). A aplicação dos produtos foi realizada de

forma alternada entre os produtos de ação de contato (Dithane NT e Cuprocarb) e o de ação sistêmica (Cabrio Top), observando-se o intervalo mínimo de cinco dias devido ao efeito residual do fungicida. Para a aplicação foi utilizado um pulverizador costal de 20 litros de capacidade, ao qual foi acoplado um bico de pulverização do tipo cone vazio.

Foram instalados psicrômetros, construídos com sensores Pt-100 em miniabrigos de PVC recobertos com folhas de alumínio, em três níveis (0,5  $h$  e 1,0  $h$ , sendo  $h$  a altura da média das plantas, e a 1,5 m acima da superfície do solo) para a medida dos valores de temperatura, umidade do ar e da temperatura do ponto de orvalho dos perfis do ar. Foram instaladas três repetições de psicrômetros nos níveis de 0,5  $h$  e 1,0  $h$ .

A radiação solar incidente no interior do dossel foi medida com tubosolarímetros de 1,0 m de comprimento em duas repetições, na altura de 0,2  $h$ . A radiação solar incidente acima do dossel foi medida a 1,5 m de altura da superfície do solo em uma estação meteorológica automática Davis. O balanço de radiação de onda longa sobre o dossel foi medido em duas repetições de saldo radiômetros, instalados no nível de 1,0 m acima da cultura (1,0  $h$  + 1,0 m) e o molhamento da superfície foliar foi registrado continuamente nos níveis 0,5  $h$  (8 repetições) com sensores do tipo pente e configuração eletrônica conforme HELDWEIN (1993). Também foram utilizados dois sensores de molhamento da estação automática Davis. A exceção dos sensores que compõem a estação meteorológica automática, todas as demais variáveis foram medidas com a frequência de 1 segundo e armazenados valores médios ou acumulados, conforme a variável, de cada intervalo de 10 minutos num aquisitor eletrônico de dados (datalogger) de 34 canais.

O delineamento experimental utilizado nos experimentos de primavera foi de blocos ao acaso com quatro repetições, sendo cada parcela composta de quatro fileiras de plantas com 5,0 m de comprimento e 3,2 m de largura. O experimento de primavera constou de um total de 15 tratamentos, sendo avaliados três valores de severidade do sistema Blitecast para previsão da incidência de requeima, e 5 níveis de irrigação. O experimento de outono constou de um total de 20 tratamentos, nos quais foram avaliados, além dos cinco níveis de irrigação, ainda quatro valores de severidade do sistema Blitecast. Os tratamentos de primavera e outono são apresentados na tabela 1.

Os dados coletados foram processados usando algoritmos específicos para posterior análise estatística, como regressões, análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 1. Tratamentos de irrigação e controle de doenças, utilizando valores de severidade (VS) calculados pelo sistema Blitecast para o clone de batata Asterix. Santa Maria, 2006.

<i>EXPERIMENTO 2005</i>			<i>EXPERIMENTO 2006</i>		
<i>Tratamento</i>	<i>Irrigação</i>	<i>VS</i>	<i>Tratamento</i>	<i>Irrigação</i>	<i>VS</i>
1	<i>ETm100a</i>	18	1	<i>ETm100a</i>	0
2	<i>ETm100a</i>	24	2	<i>ETm100a</i>	18
3	<i>ETm100a</i>	30	3	<i>ETm100a</i>	24
4	<i>ETm75a</i>	18	4	<i>ETm100a</i>	30
5	<i>ETm75a</i>	24	5	<i>ETm75a</i>	0
6	<i>ETm75a</i>	30	6	<i>ETm75a</i>	18
7	<i>ETm50a</i>	18	7	<i>ETm75a</i>	24
8	<i>ETm50a</i>	24	8	<i>ETm75a</i>	30
9	<i>ETm50a</i>	30	9	<i>ETm50a</i>	0
10	<i>ETm100g</i>	18	10	<i>ETm50a</i>	18
11	<i>ETm100g</i>	24	11	<i>ETm50a</i>	24
12	<i>ETm100g</i>	30	12	<i>ETm50a</i>	30
13	<i>Test</i>	18	13	<i>ETm100g</i>	0
14	<i>Test</i>	24	14	<i>ETm100g</i>	18
15	<i>Test</i>	30	15	<i>ETm100g</i>	24
			16	<i>ETm100g</i>	30
			17	<i>Test</i>	0
			18	<i>Test</i>	18
			19	<i>Test</i>	24
			20	<i>Test</i>	30

VS = valores de severidade

18, 24 e 30 = VS acumulados necessários para a aplicação de fungicidas

VS = 0 significa que não houve aplicação de fungicidas em todo o ciclo.

*ETm100a* = 100% da ETm por aspersão

*ETm75a* = 75% da ETm por aspersão

*ETm50a* = 50% da ETm por aspersão

*ETm100g* = 100% da ETm por gotejamento

*Test* = sem irrigação

### 3.2 Irrigação

A umidade do solo foi monitorada apenas na camada superficial do solo às nove horas (12h GMT) com o auxílio de quatro repetições tensiômetros instalados a 0,10 m de profundidade. Os valores de potencial matricial foram utilizados para fins de monitoramento da umidade do solo na área irrigada com 100% da  $ET_m$ , e assim poder utilizar como parâmetro para realizar a irrigação.

A irrigação dos tratamentos foi realizada da seguinte maneira: 1,0  $ET_m$ , 0,75  $ET_m$ , 0,5  $ET_m$  e 0,0  $ET_m$ , correspondendo a  $ET_m100$ ,  $ET_m75$ ,  $ET_m50$  e  $Test$ , respectivamente (Tabela 2). A Evapotranspiração máxima da cultura ( $ET_m$ ) para a cultura da batata foi calculada pela equação  $ET_m = K_c ETo$ , em que  $K_c$  é o coeficiente de cultura, obtido na literatura, conforme tabela 1 (FRANKE & KONIG, 1994), e  $ETo$  é a evapotranspiração de referência, determinada pelo método de Penman ( $ET_{Op}$ ) através da equação 1.

A irrigação foi realizada através de micro-aspersores ( $ET_m100a$ ,  $ET_m75a$  e  $ET_m50a$ ) espaçados de 2,5 m x 2,5 m, para obter maior homogeneidade de distribuição de água. Além disso, para verificar a eficiência da irrigação de 1,0  $ET_m$ , foi feita a comparação com um tratamento, onde a irrigação foi realizada através de tubos gotejadores autocompensados ( $ET_m100g$ ), vazão de 1,4 l h<sup>-1</sup>.

Para que não houvesse a irrigação de parcelas vizinhas de cada tratamento, uma vez que a área disponível para a realização do experimento não era grande o suficiente para o emprego de aspersores convencionais, optou-se então pela utilização dos micro-aspersores.

O momento da realização das irrigações e o volume de água aplicado foi baseado no cálculo diário da  $ET_m$ , considerando-se as condições meteorológicas diárias.

Tabela 2. Descrição dos subperíodos de desenvolvimento para a cultura da batata, cv *Asterix*, e respectivo coeficiente de cultura ( $K_c$ ), segundo Franke & Konig, 1994.

SUBPERÍODOS	DESCRIÇÃO	$K_c$
P2	Emergência até aparecimento dos estolões	0,54
P3	Início da estolonização até início da tuberização	1,43
P4	Início da tuberização até 1/3 do peso máx. dos tubérculos	1,14
P5	Desde 1/3 do peso máx. até 2/3 do peso máx. dos tub.	1,01
P6	Desde 2/3 do peso máx. até senescência	0,89

### 3.2.1 Variáveis Meteorológicas e seu Processamento

Os dados meteorológicos diários utilizados no cálculo da  $ET_o$  foram obtidos da série de dados de observação e registro contínuo da estação meteorológica automática da marca Davis, instalada no interior do experimento.

Os dados foram submetidos a uma análise crítica e de consistência através da interação dos diferentes dados diários entre si. O banco de dados foi formado pela temperatura do ar (9h, 15h, 21h, máxima e mínima), umidade relativa do ar (9h, 15h e 21h), insolação diária, velocidade do vento, total diário de precipitação.

A evapotranspiração de referência ( $ET_o$ , em mm.dia<sup>-1</sup>) foi estimada pelo método de Penman-Monteith, conforme Pereira et al. (1997), desconsiderando-se o fluxo de calor no solo ( $G \cong 0$ ):

$$ET_o = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma^*} (Rn) \frac{1}{\lambda} + \frac{\gamma \cdot 900}{(\Delta + \gamma^*) (T_{am} + 275)} U_2 d \quad (1)$$

em que  $\Delta$  é a declividade tangente da curva de pressão de saturação do vapor d'água do ar para a temperatura  $T_{am}$  (kPa °C<sup>-1</sup>),  $\gamma$  é a constante psicrométrica (0,0662 kPa °C<sup>-1</sup>),  $\gamma^*$  é a constante psicrométrica modificada (kPa °C<sup>-1</sup>),  $\lambda$  é o calor latente de evaporação (2,45 MJ kg<sup>-1</sup>),  $U_2$  a velocidade média diária do vento a 2,0 m acima do nível do solo (m s<sup>-1</sup>),  $d$  é o déficit de saturação do ar (kPa) e  $T_{am}$  é a temperatura média diária do ar (°C). Para o cálculo de  $\Delta$  e de  $\gamma^*$  foram utilizadas, respectivamente as equações 2 e 3:

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

conforme Allen et al. (1998), e

$$\gamma^* = \gamma \left( 1 + \frac{rc}{ra} \right) \quad (3)$$

conforme Pereira et al. (1997), em que,  $rc$  é a resistência da vegetação de referência (s m<sup>-1</sup>) e  $ra$  a resistência aerodinâmica ao transporte de vapor d'água (s m<sup>-1</sup>). Para o cálculo da razão  $rc \ ra^{-1}$  adotou-se o critério sugerido por Pereira et al. (1997), em função da velocidade do vento ( $rc \ ra^{-1} = 0,11$  para  $U_2 < 1,1$  m s<sup>-1</sup> e  $rc \ ra^{-1} = -1,67 + 1,67 U_2$  para  $U_2 \geq 1,1$  m s<sup>-1</sup>). Para

o cálculo do saldo de radiação ( $R_n$ ) foi utilizada a equação de Brunt-Penman, conforme a equação a seguir:

$$R_n = (R_g * 0,77) - 0,95 * 0,00000011902 * [(T_{med} + 273)^4] * (0,56 - 0,09\sqrt{e}) * \left[ 0,1 + 0,9 \left( \frac{R_g}{K_o \downarrow} \right) \right] \quad (4)$$

onde 0,77 é resultado de  $1,0 - r$ , em que  $r$  é a refletividade,  $e$  é a pressão parcial de vapor (kPa);  $T$  é a temperatura absoluta do ar (K),  $R_g$  é radiação solar global incidente,  $K_o \downarrow$  é radiação solar extraterrestre diária média mensal para Santa Maria.

Após o cálculo diário da  $ET_o$  e  $ET_m$ , realizou-se o somatório da  $ET_m$  acumulada ( $ET_{mac}$ ), para assim determinar o momento da irrigação. Esse momento foi definido como sendo o ponto em que a  $ET_{mac}$  atingisse 15 mm da fração de água disponível (FAD) da capacidade de armazenamento do solo (CAD). No momento em que ocorria um volume de precipitação superior à  $ET_{mac}$ , zerava-se a contagem. No entanto, em razão das condições meteorológicas, principalmente vento, naquele momento por vezes não foi possível a aplicação do volume total de água, devido a deriva para blocos adjacentes. Para evitar que isso ocorresse, o cálculo da  $ET_{mac}$  foi continuado e a irrigação realizada tão logo as condições meteorológicas fossem mais adequadas. Deste modo, a velocidade do vento foi um fator limitante para a realização da irrigação, sendo possível na maioria das vezes realizá-la ao entardecer, quando a velocidade do vento geralmente foi menor. Por isso foi necessária a utilização de micro-aspersores que possuem menor raio de abrangência e um tamanho de gota relativamente pequeno, obtendo-se maior homogeneidade de distribuição de água.

### 3.3 Avaliações Fenológicas e Fenométricas

Foram realizadas determinações fenológicas de emergência ( $EM$ ), início da estolonização ( $IE$ ), início da tuberização ( $IT$ ) e início da senescência ( $IS$ ), para caracterizar as fases de desenvolvimento das plantas de batata em cada tratamento. Os resultados das observações das fases nos dois experimentos, foi caracterizadas por períodos, da emergência até o início da estolonização ( $EM-IE$ ), do início da estolonização até o início da tuberização ( $IE-IT$ ), do início da tuberização ao início da senescência ( $IT-IS$ ) e do início da senescência à colheita ( $IS-CO$ ).

As observações fenológicas foram visuais, realizadas a cada dois dias, e seguiram a escala fenológica de Bätz et al. (1980). Considerou-se data de emergência aquele em que em

média 50% das plantas atingiram a emergência. Para determinar o início da estolonização e início da tuberização foram arrancadas duas plantas a cada dois dias, dentre as plantas das linhas externas das parcelas. Quando uma planta apresentou o início da estolonização, arrancou-se mais duas plantas para confirmação do estágio. O início da senescência foi determinado quando 50% das plantas, aproximadamente, apresentaram senescência das folhas. Para determinar o *IT*, foi realizado o mesmo procedimento que para o *IE*.

Também foram realizadas determinações fenométricas, do Índice de área foliar (*IAF*), da altura das plantas para avaliar o crescimento da cultura. O *IAF* foi determinado por estimativa através da medida semanal do comprimento (*C*) e da largura (*L*) em cm de todas as folhas de cada planta amostrada, utilizando-se uma régua com resolução de 0,1 cm. Foram escolhidas aleatoriamente duas plantas por tratamento, num total de 20 plantas no experimento de 2005 e 30 plantas no experimento de 2006. As medidas foram realizadas sempre nas mesmas plantas e através delas calculou-se a área de cada folha utilizando a equação exponencial determinada por Streck (2006), para plantas de batata:

$$AF = 0,535(C \times L)^{0,9592} \quad (5)$$

em que, *AF* é a área foliar em cm<sup>2</sup>, sendo a área foliar total da planta (*AFt*), resultante da soma da *AF* de todas as suas folhas individuais. Com os valores diários de *AFt*, calculou-se o índice de área foliar diário (*IAF*), através de:

$$IAF = \frac{AFt \times 0,0001}{Ef \times Ep} \quad (6)$$

onde, *IAF* é o índice de área foliar (cm<sup>2</sup> cm<sup>-2</sup>), *Ef* é o espaçamento entre fileiras (cm) e *Ep* é o espaçamento entre plantas (cm). Para os demais dias do intervalo entre as medições de *IAF*, seu valor foi interpolado, através do ajuste de equações em função do número de dias após a emergência (*DAE*). Além do *IAF*, também foi determinado o número de folhas de cada haste (*Nfh*) e a altura das respectivas hastes (*Ah*).

### 3.4 Avaliação da incidência e severidade de dano causado pela requeima

A avaliação ambiental de probabilidade de evolução da doença foi determinada com os valores de severidade acumulados (*VSac*). Os *VSac*, que quantificam as condições

ambientais favoráveis à doença, foram calculados através do sistema BLITECAST (KRAUSE et al., 1975), que considera as variáveis meteorológicas, temperatura do ar e a duração do período com umidade relativa maior do que 90% ( $HUR > 90$ ). Os dados meteorológicos foram coletados através de uma estação automática. Uma vez alcançados os respectivos valores de severidade previstos para cada tratamento, foi efetuada a aplicação do fungicida e uma nova contagem foi iniciada para o respectivo tratamento. A distribuição espacial dos tratamentos foi realizada conforme esquema apresentado na Tabela 2.

Também foram realizadas avaliações de severidade real ou de ocorrência de doenças nas duas fileiras centrais de cada parcela, descartando-se 100 cm de bordadura de cada uma de suas extremidades. A avaliação de incidência da requeima foi realizada a cada 2 dias após a emergência das plantas. A avaliação da severidade real da doença iniciou após a constatação da incidência. No outono foram realizadas observações de severidade de dano aos 19, 23, 30, 37, 41, 48, 53, 58, 62, 67, 71, 74 e 78 DAE. Os critérios utilizados na observação da severidade da doença seguiram a escala diagramática de James (1971), apresentada no anexo 1. Foram marcadas três plantas por parcela, em que a severidade de cada parcela foi obtida pela média das três plantas.

Também foram calculadas as variáveis “área abaixo da curva de progresso da doença” (*AACPD*), obtida a partir da integração das curvas de progresso das doenças e, “duração da área foliar sadia” (*DAFS*), obtida a partir da integração do índice de área foliar sadia, conforme Waggoner et al. (1987). Os valores de severidade foram transformados em  $\arcsen \sqrt{x/100}$  para análise estatística. O cálculo da variável *AACPD* seguiu a seguinte equação:

$$AACPD = \sum_i^{n-1} \left( \frac{x_i + x_{i+1}}{2} \right) (t_{i+1} - t_i) \quad (7)$$

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

O cálculo da variável *DAFS* utilizou o índice de área foliar (*IAF*), com a seguinte equação:

$$DAFS = \sum_{i=1}^{n_0-1} \frac{[IAF_i(1 - x_i) + IAF_{i+1}(1 - x_{i+1})]}{2(t_{i+1} - t_i)} \quad (8)$$

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

Não houve inoculação artificial do patógeno *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary, devido a ocorrência natural do inóculo ao longo das duas épocas de cultivo na região. A incidência e a severidade da doença, quando ocorre é por infecção natural e se concretiza apenas quando ocorrem condições ambientais favoráveis ao patógeno, o que, por exemplo, não foi constatado no experimento de primavera.

### **3.5 Considerações sobre a implantação tardia do experimento de primavera de 2005**

O plantio deste experimento foi realizado dia 13/09/2005. O período subsequente foi com elevadas precipitações, ficando acima da média para o período. A média histórica de precipitação para os meses de setembro e outubro juntos, segundo as Normais Climáticas do Ministério da Agricultura de (MAPA, 1992), é de aproximadamente 300 mm. Do dia do plantio até o dia 26/10/2005, um total de 44 dias, ocorreu um excesso de precipitação cerca de 80% acima das médias normais de precipitação. Por esse motivo, houve problemas na emergência das plantas de batata, pela compactação superficial do solo e o apodrecimento dos tubérculos pelo excesso de umidade do solo, o que provocou uma grande desuniformidade no estande de plantas e impossibilitou a continuidade das observações.

Diante desse fato foi necessário o replantio do experimento, o que foi possível no dia 26/10/2005, pois foi necessária a obtenção de outro lote de batata-semente com brotação previamente induzida através de tratamento com bissulfureto de carbono. Assim, o experimento realizado na primavera de 2005 foi de 21/11/2005 (emergência) até 21/02/2006 (colheita), tendo a duração, da emergência até a colheita, de 90 dias. Segundo o zoneamento agroclimático para a cultura da batata no estado do Rio Grande do Sul (MALUF et al., 1994 apud BISOGNIN, 1996) o período preferencial para o plantio desta espécie no estado é no mês de setembro, pois temperaturas altas nos meses de janeiro e fevereiro podem reduzir a estolonização e a tuberização.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Crescimento e desenvolvimento da cultura**

O crescimento é o aumento irreversível de massa, área, volume, comprimento das hastes, comprimento ou diâmetro de órgãos, enquanto que o desenvolvimento é a diferenciação celular, iniciação de órgãos e outros eventos de tempo fisiológico (HODGES, 1991). A observação do crescimento e do desenvolvimento da cultura da batata durante os experimentos é importante porque a maioria dos processos físicos, químicos e biológicos que envolvem a cultura ocorrem no interior do seu dossel, como por exemplo, a variação dos elementos micrometeorológicos no interior do cultivo sofrem influência da estrutura e dimensão da parte aérea da cultura.

Os dados referentes ao crescimento e desenvolvimento da cultura durante os experimentos da primavera de 2005 e do outono de 2006 são apresentados na figura 2 e 3, respectivamente, e referem-se ao tratamento com irrigação de 100% da evapotranspiração máxima (*ETm100*).

#### **4.1.1 Desenvolvimento da cultura**

O ciclo de desenvolvimento da cultura, no experimento da primavera de 2005 foi de 93 dias. Como ocorreram problemas no plantio da cultura na época recomendada devido ao excesso de precipitação, conforme já mencionado, foi necessário o replantio da batata e por isso a emergência ocorreu apenas no dia 21/11/2005. Esse atraso fez com que o ciclo de desenvolvimento da cultura ocorresse em períodos com temperatura muito elevada para as exigências da cultura. Na figura 3 pode-se verificar que no experimento de 2005 o período para a formação e enchimento de tubérculos foi relativamente curto em relação ao experimento de 2006, enquanto duração da fase vegetativa e de senescência foi relativamente maior.

Segundo Lovato (2005), temperaturas muito elevadas antes do início da tuberização podem estimular o desenvolvimento da parte aérea, acelerar a senescência das folhas e, ao mesmo tempo, ocorre um aumento na taxa respiratória da planta. Também ressalta que, em geral, a diferença entre temperaturas diurnas e temperaturas noturnas é igualmente importante, sendo que temperaturas noturnas acima de 20°C impedem a tuberização. Além disso, segundo o mesmo autor, para que haja indução da tuberização são necessários dias curtos, ao passo que

condições de dias longos, temperaturas elevadas e excesso de nitrogênio podem impedir completamente a tuberação da batata.

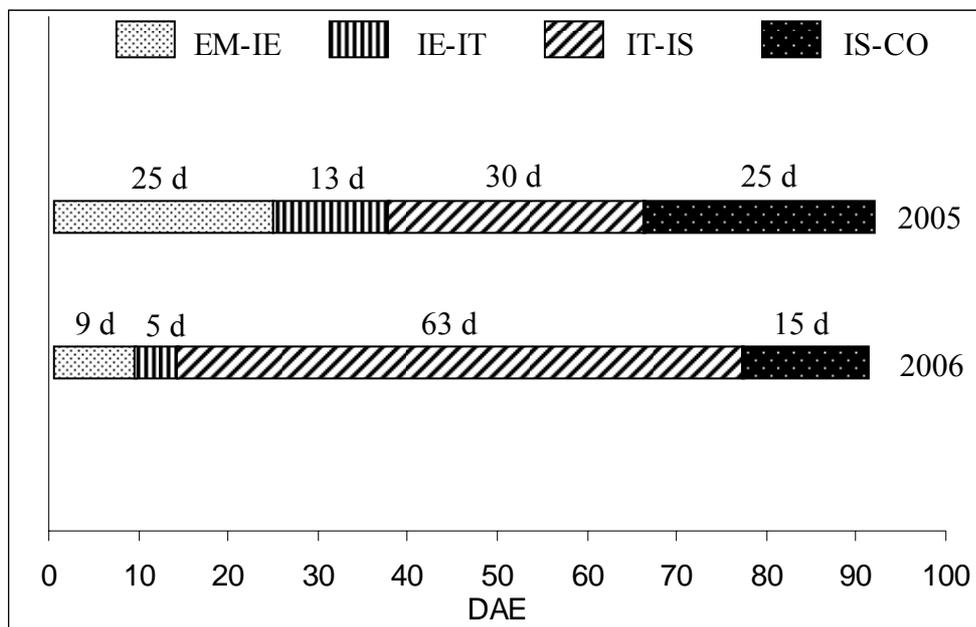


Figura 2. Ciclo de desenvolvimento para a cultura da batata, cv. *Asterix*: as fases de desenvolvimento entre a emergência e início da estolonização (*EM-IE*), início da estolonização e início da tuberação (*IE-IT*), início da tuberação e início da senescência (*IT-IS*) e início da senescência até a colheita (*IS-CO*) em dois experimentos, da primavera de 2005 e do outono de 2006. Santa Maria, 2006.

#### 4.1.2 Comprimento das hastes

No experimento da primavera de 2005 as hastes das plantas alcançaram uma altura média de 70,1 cm (Figura 2a). Da emergência até aproximadamente os 46 DAE, o crescimento em altura das hastes foi linear, quando as plantas atingiram uma altura média de 58,6 cm. Esse longo período de crescimento, à taxa de 1,27 cm dia<sup>-1</sup>, pode ser explicado pela irrigação realizada no período, pela adubação de cobertura realizada durante a amontoa e também pela época de plantio tardia, realizado tardiamente, o que proporcionou a exposição a altas temperaturas noturnas. A temperatura e o fotoperíodo são considerados os dois principais fatores abióticos que governam o desenvolvimento da cultura da batata. Segundo Antunes & Fortes (1981), de um modo geral, a temperatura média do ar ótima para a cultura está entre 10 e 20°C. Durante a maior parte dos dias do experimento de primavera de 2005, a temperatura média noturna do ar ficou em 21,1°C, acima dos 20°C, o que afetou o desenvolvimento da cultura, promovendo um maior crescimento da parte aérea. Em todo período experimental foram 65 dias com temperaturas médias noturnas acima de 20°C. A partir dos 46 DAE o crescimento começou a se estabilizar, com taxas menores de crescimento em relação ao

período anterior e, até o início da senescência, aos 68 *DAE*, as hastes cresceram apenas mais 11,5 cm.

Na figura 2d, relativa ao experimento do outono de 2006, as hastes das plantas tiveram um menor crescimento em relação ao experimento anterior, alcançando aos 28,5 cm aos 53 *DAE*. Apenas da emergência até os 24 *DAE* o crescimento em altura foi acelerado alcançando uma média de 25 cm.

#### **4.1.3 Número de folhas**

No experimento da primavera de 2005 o número médio de folhas das plantas foi atípico, pois foi muito elevado (figura 2b). O aumento do número de folhas por planta cresceu exponencialmente até os 66 *DAE*, quando atingiu aproximadamente 250 folhas por planta. Apesar do elevado número de folhas, o número médio de hastes por planta foi de aproximadamente três. O que ocorreu foi um elevado crescimento da parte aérea através da formação de um grande número de ramos secundários em cada haste. Isto pode ser explicado pela temperatura média diária elevada do período, 26,3°C, após a emergência das plantas, favorecendo o desenvolvimento da parte aérea das plantas e não possibilitando o início da tuberização. Segundo Lovato (2005), temperaturas muito elevadas antes do início da tuberização podem estimular o desenvolvimento da parte aérea em proporção maior que sua capacidade fotossintética chegando a um ponto em que o suprimento de carboidratos limita o crescimento da mesma. Nesta circunstância, juntamente com o crescimento maior de hastes e ramos, o suprimento de carboidratos pode ser um fator que limita o início da formação dos tubérculos.

No experimento do outono de 2006, o número de folhas foi significativamente menor em relação ao primeiro experimento, alcançando a 42 folhas por planta aos 37 *DAE* (figura 2e). O aumento do número de folhas foi exponencial até os 24 *DAE*, quando atingiu 37 folhas por planta. Após os 42 *DAE* o número médio de folhas por planta começou a diminuir, e aos 63 *DAE* havia em média 28 folhas por planta. A diminuição do número de folhas por planta pode ser explicada pelo aumento da incidência da requeima da batata na parte aérea das plantas após os 48 *DAE*.

#### **4.1.4 Índice de área foliar**

Na primavera de 2005, o índice de área foliar (*IAF*) da cultura da batata alcançou um valor máximo de 3,57 cm<sup>2</sup> cm<sup>-2</sup> (figura 2c). Até os 45 *DAE*, período próximo ao início da

estolonização, quando os fotoassimilados começam a ser translocados para formação do tubérculo, a curva de crescimento do *IAF* foi exponencial, atingindo o valor de  $2,63 \text{ cm}^2 \text{ cm}^{-2}$ . Esse crescimento exponencial inicial pode ser resultado, em parte, da aplicação de nitrogênio em cobertura através da operação da amontoa realizada anteriormente. Após os 56 *DAE* o aumento do *IAF* foi menor e, aproximadamente aos 68 *DAE* a cultura começou a entrar em senescência o que provocou a redução no valor do *IAF*.

Observando-se a figura 2f, pode-se verificar que no experimento de 2006, o *IAF* atingiu um valor máximo de  $2,18 \text{ cm}^2 \text{ cm}^{-2}$ , aos 43 *DAE*. Até os 24 *DAE* o crescimento do *IAF* foi exponencial, possivelmente por causa da realização da amontoa que ocorreu aos 14 *DAE*, próximo ao início da tuberização. Após os 24 *DAE* o crescimento do *IAF* foi menos acentuado até se estabilizar aos 37 *DAE*. Após os 48 *DAE*, o aumento da incidência da requeima da batata por causa das condições meteorológicas favoráveis ao seu desenvolvimento, provavelmente foi o responsável pelo início do declínio do *IAF*, que a partir dos 58 *DAE* foi mais acelerado devido ao ataque mais severo do patógeno na área foliar da cultura. Na comparação entre o *IAF* e o número final de folhas aos 35 *DAE* das duas épocas (figuras 2b, c, e, f), verificou-se que houve uma redução no tamanho das folhas na primavera de 2005 em relação ao outono de 2006, o que segundo Menezes (1999), confirma o estresse térmico ao qual as plantas ficaram submetidas na primavera de 2005.

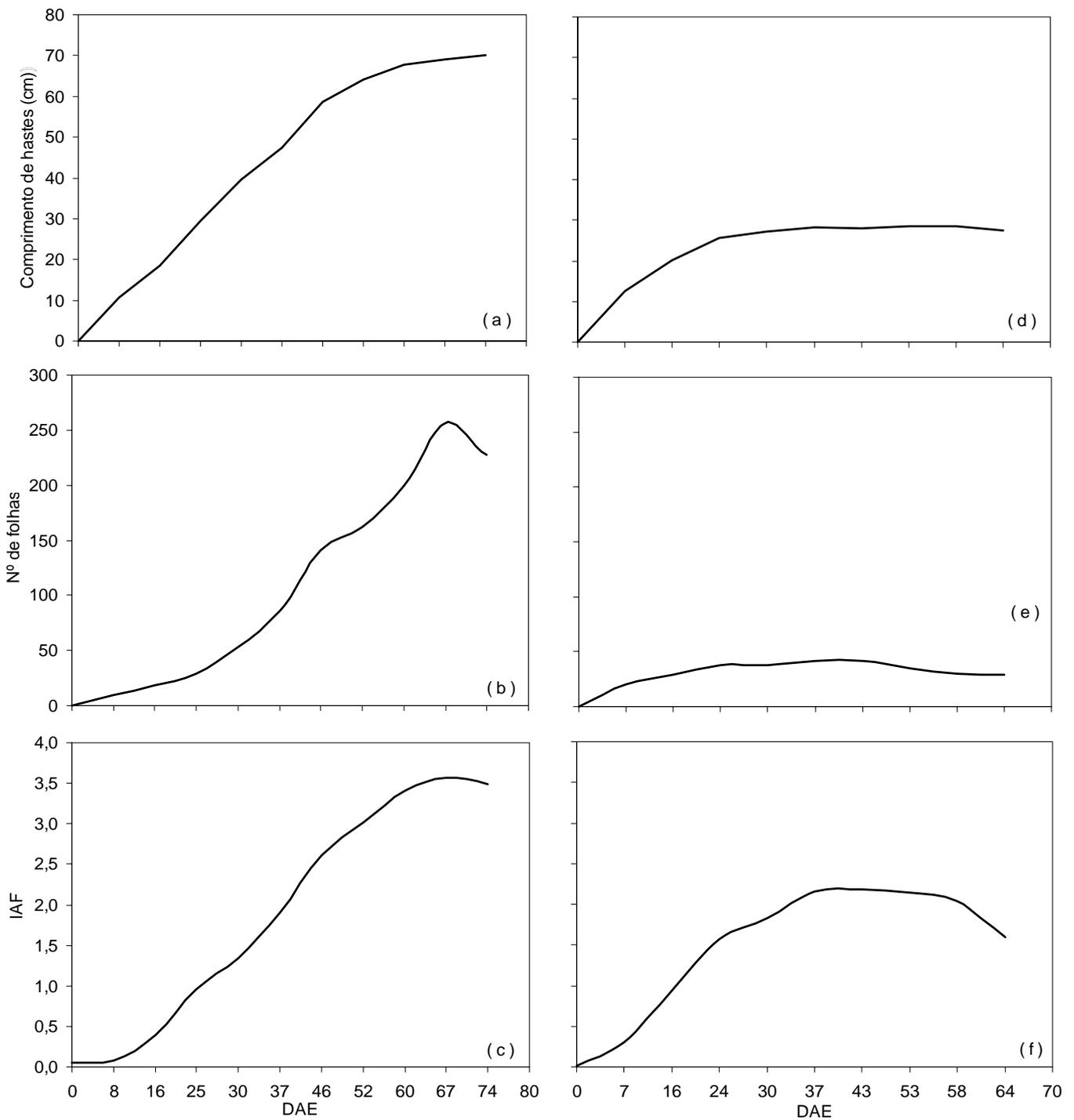


Figura 3. Comprimento de hastes, número de folhas e índice de área foliar (*IAF*) em função do número de dias após a emergência (*DAE*) na cultura da batata em cultivos na primavera de 2005 (a, b, c, respectivamente) e no outono de 2006 (d, e, f, respectivamente). Santa Maria, 2006.

#### 4.2 Condições meteorológicas durante os experimentos e acúmulo de valores de severidade

Na figura 4a pode ser observado que no início do experimento da primavera de 2005 ocorreram precipitações irregulares, que nos primeiros 40 *DAE* totalizaram 121 mm. No entanto, desse total, 82,7 mm ocorreram aos 14 *DAE* e, após não ocorreu nenhuma precipitação significativa até os 40 *DAE*. Nesse período praticamente não houve acúmulo de valores de severidade calculados pelo sistema Blitecast. Após os 40 *DAE* as precipitações na área experimental ocorreram com maior frequência até os 75 *DAE* e, por isso houve acúmulo de valores de severidade (*VS*) que ao final do experimento totalizaram 70 unidades. Porém, como a temperatura do ar (*Tar*) estava elevada, devido a época de plantio tardio, o acúmulo dos *VS* ocorreu de forma lenta. Além disso, a umidade relativa do ar média diária (*URam*) no período ficou na maior parte dos dias abaixo de 90% e, mesmo com a *URam* estando acima de 90%, a *Tar* relativamente alta fez com que o acúmulo de *VS* fosse pequeno. Após os 75 *DAE* não houve mais o acúmulo de *VS* devido a *Tar* mais elevada e dos períodos com *URam* maior que 90% serem, em geral, curtos. Esta condição provavelmente pode estar associada à precipitação que, foi significativamente menor neste período em relação ao anterior.

Na figura 4b estão representadas as condições meteorológicas médias de cada dia do experimento de outono de 2006. Verifica-se que em relação ao experimento de primavera o acúmulo de *VS* foi maior e de forma mais acentuada em todo experimento, alcançando 123 *VS* até o final do ciclo. Nos primeiros 15 *DAE* ocorreu um total de precipitação de 54 mm. No entanto a *URam* ficou na maior parte dos dias abaixo de 90% e assim o acúmulo de *VS* foi relativamente pequeno. Após os 15 *DAE*, ocorreu um longo período sem precipitação, até os 40 *DAE*. Porém, durante esse período de tempo, nos períodos noturnos houve a formação de orvalho por períodos mais prolongados devido ao comprimento da noite durante o outono (STRECK, 2006), o que promoveu um maior tempo de perda de energia da superfície do solo e das folhas durante a noite e aumentou as diferenças de temperatura do ar noturna e diurna. Assim, houve acúmulo de *VS* nesse período, exceto entre os 18 e 23 *DAE* quando a *URam* ficou abaixo dos 90% na maior parte do período. Dos 40 *DAE* até os 75 *DAE* as precipitações pluviométricas somaram um total de 110 mm e ocorreram de forma regular, aumentando os períodos com  $HUR \geq 90$  e do tempo de molhamento foliar em função da chuva e também da formação de orvalho na superfície das folhas. Desta forma, a soma dos *VS* foi mais acelerada. Após os 75 *DAE* não ocorreram mais chuvas significativas, bem como as temperaturas foram

baixas e, desta forma, ocorreram menos  $HUR \geq 90$  e, conseqüentemente, não acumularam-se VS.

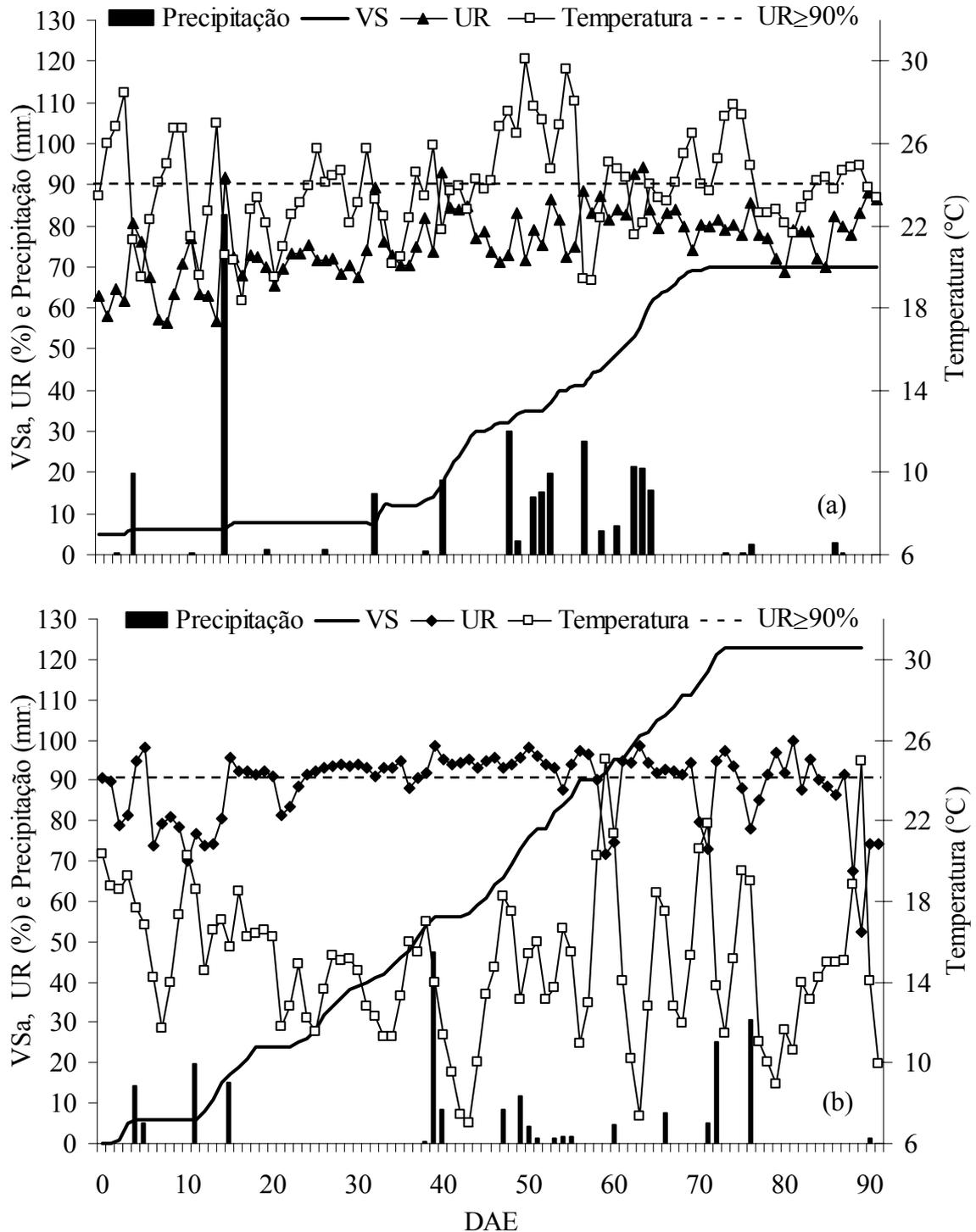


Figura 4. Valores de severidade acumulados ( $VS_{ac}$ ) pelo sistema Blitecast, precipitação pluviométrica, umidade relativa do ar média diária ( $UR_{am}$ ) e temperatura do ar média diária em dois experimentos realizados na primavera de 2005 e do outono de 2006. Santa Maria, 2006.

#### 4.2.1 Aplicações de fungicidas em função das condições meteorológicas e do acúmulo de VS

Pela interpretação da tabela 3 pode ser constatada a diferença das condições meteorológicas no decorrer dos dois experimentos, de primavera e de outono. Na primavera, em função das elevadas temperaturas do ar e da *URam* abaixo de 90% na maior parte dos dias, o acúmulo de *VS* foi relativamente lento e baixo, atingindo um valor total de 70 no ciclo. Isso se refletiu na aplicação de fungicidas, de maneira que a primeira aplicação em função do cálculo dos *VS* pelo sistema Blitecast só foi necessária aos 40 *DAE*. Durante todo o período experimental foram necessárias apenas três aplicações para o controle da requeima da batata no tratamento em que eram necessários 18 *VS* (*Bli18*) acumulados. Para os tratamentos que eram baseados no acúmulo de 24 e 30 *VS* (*Bli24* e *Bli30*) foram necessárias apenas duas aplicações.

No outono, período em que as condições de *URam* e de *Tar* foram mais favoráveis ao desenvolvimento da requeima, o acúmulo de *VS* atingiu 123 pontos no final do ciclo. Desta forma, houve a necessidade de um maior número de aplicações de fungicidas para o controle da requeima da batata. No tratamento *Bli18* foram necessárias cinco aplicações, aos 17, 30, 40, 51 e 58 *DAE*. No tratamento *Bli24* foram necessárias quatro aplicações, enquanto que no tratamento *Bli30* foram feitas apenas três aplicações de fungicidas para o controle da requeima da batata.

Quadro 1. Aplicação de fungicidas em função do acúmulo de valores de severidade (*VS*) calculados pelo sistema Blitecast quando foram acumulados 18 (*Bli18*), 24 (*Bli24*) e 30 (*Bli30*) pontos, em dias após a emergência das plantas (*DAE*), para a batata, cv. Asterix, na primavera de 2005 e outono de 2006. Santa Maria, 2006.

TRATAMENTO	Período	Aplicação de fungicidas em função do acúmulo VS pelo sistema Blitecast				
		DAE				
<i>Bli18</i>	Primavera/2005	40	52	63		
<i>Bli24</i>		42	60			
<i>Bli30</i>		44	65			
<i>Test</i>		-	-	-	-	-
<i>Bli18</i>	Outono/2006	17	30	40	51	58
<i>Bli24</i>		20	38	51	64	
<i>Bli30</i>		28	46	58		
<i>Test</i>		-	-	-	-	-

### 4.3 Irrigação realizada durante os experimentos

A disponibilidade hídrica no solo é um dos fatores ambientais de efeito mais visível no desenvolvimento e no crescimento da cultura da batata, influenciando diretamente na sua produtividade. A ocorrência de déficit hídrico em plantas cultivadas, como a batata, afeta o seu crescimento e o desenvolvimento em todo o mundo (SANTOS & CARLESSO, 1998).

Pode-se observar que no experimento de primavera mesmo com um volume de precipitação maior, foi necessário um maior número de irrigações em relação ao outono. Isso pode ser explicado pelas condições meteorológicas deste período, em que houve temperaturas elevadas que contribuíram para um maior consumo das plantas. Além disso, foi um período com dias mais longos em que houve maior disponibilidade de radiação solar, contribuindo para uma maior atividade fisiológica das plantas e conseqüentemente maior consumo hídrico. A precipitação alcançou aproximadamente 320 mm ao longo do experimento, enquanto que o total de lâmina de água aplicada no tratamento *ETm100*, foi de 245 mm.

No decorrer dos experimentos foram realizadas irrigações complementares para atender as necessidades hídricas da cultura da batata, objetivando atingir o máximo rendimento da cultura e verificar a sua influência no aparecimento e desenvolvimento de doenças na área foliar da cultura. O momento da realização das irrigações e o volume de água aplicado foi baseado no cálculo diário da *ETm*, considerando-se as condições meteorológicas diárias.

No experimento de primavera foram realizadas 10 irrigações com um volume total de água irrigado de 245 mm no nível de 100% da *ETm* (*ETm100*), e isso calculado para 75% da *ETm* (*ETm75*) e 50% da *ETm* (*ETm50*), conforme está representado nas figuras 5a, 5b e 5c. A *ETm* nesse período foi de 340 mm. DOORENBOS & KASSAM (1979) verificaram que as exigências hídricas da cultura da batata (*ETm*), com ciclo fenológico oscilando entre 120 a 150 dias, estão na faixa de 500 a 700 mm, dependendo do clima. FRANKE & KONIG (1994), através do método do balanço hídrico, nas condições de Santa Maria-RS, obtiveram um consumo hídrico total de 524,9 mm para a referida cultura.

Durante o experimento choveu 323 mm, porém de forma irregular. Até os 35 DAE, em função das temperaturas elevadas e da falta de precipitações significativas, exceto aos 4 e aos 15 DAE, foram necessárias 6 irrigações complementares para atender as necessidades hídricas da cultura. No tratamento *ETm100* (figura 5a), aos 22 e aos 26 DAE, devido às condições meteorológicas, não foi possível a aplicação do volume total de água calculado em função da

*ETm*, e assim continuou-se o somatório da *ETmac*, sendo que este volume só foi completado aos 29 *DAE*. Após os 49 *DAE* as chuvas ocorreram com maior frequência e em volumes mais significativos, não havendo a necessidade de complementação hídrica através da irrigação. Aos 66 *DAE* ocorreu a última precipitação, e assim, com o aumento da *ETmac*, foi necessária uma última irrigação aos 74 *DAE*, data em que as condições meteorológicas (ventos fracos) foram adequadas para essa operação. No tratamento com 75% da *ETm* (*ETm75*), assim como no tratamento com 50% da *ETm* (*ETm50*), as necessidades hídricas da cultura não foram plenamente atendidas, como mostram as figuras 5b e 5c, respectivamente. Até os 15 *DAE* as precipitações e a irrigação efetuada no tratamento *ETm75* foram suficientes para suprir a água consumida pelas plantas.

No tratamento *ETm50* e *ETm75*, o saldo entre a *ETmac* e a entrada de água via irrigação e chuva, não foi suficiente para suprir as exigências hídricas da cultura da batata visto que após os 15 *DAE* também não houve precipitações significativas. O saldo entre *ETmac* e a entrada de água via irrigação ou precipitação só foi zerado aos 41 *DAE* no tratamento *ETm75* e aos 54 *DAE* no tratamento *ETm50*, principalmente devido, à maior frequência e volume da precipitação pluvial ocorrida. Após, com aumento do volume de chuvas, nesses dois tratamentos, também não foi efetuada mais nenhuma irrigação complementar, até os 74 *DAE*, quando foi realizada a última irrigação complementar de forma similar ao *ETm100*, nesse momento as plantas já haviam entrado em senescência aos 68 *DAE*.

No experimento de outono, devido às temperaturas mais baixas e a maior frequência de precipitações ocorridas, só foram necessárias duas irrigações complementares para suprir as necessidades hídricas da cultura da batata. No total foram irrigados 34 mm no tratamento *ETm100*. A precipitação totalizou 214 mm e ocorreu de forma melhor distribuída em relação ao experimento de primavera.

Nas figuras 6a, 6b e 6c estão representadas as irrigação e precipitações e sua relação com a *ETm*, respectivamente, para os tratamentos *ETm100*, *ETm75*, *ETm50*, para o outono de 2006. Pode ser verificado que para os três tratamentos a precipitação foi suficiente para zerar os valores calculados da *ETm* acumulados até os 15 *DAE*. Após, houve um período de 25 dias em que não ocorreu nenhuma precipitação e, por isso, foi necessária a realização de irrigação complementar aos 26 *DAE* e aos 31 *DAE*. A irrigação efetuada aos 26 *DAE* não foi totalizada devido à ocorrência de vento forte, condição inadequada para irrigação com micro-aspersores. Por isso, o valor de *ETm* restante de 8 mm, 6 mm e 4 mm nos tratamentos *ETm100*, *ETm75* e *ETm50*, respectivamente, ficou acumulado e foi aplicado na irrigação do 31° *DAE*. A partir dos 39 *DAE* as precipitações supriram as necessidades hídricas da cultura da batata em todos

os tratamentos, exceto entre os 53 *DAE* e os 71 *DAE*, porém, assim que a *ETm* acumulada excedia os 15 mm adotados como critério ocorria uma pequena precipitação que compensava em parte a *ETmac*. Por essa razão não foi necessária nenhuma irrigação complementar após os 31 *DAE*.

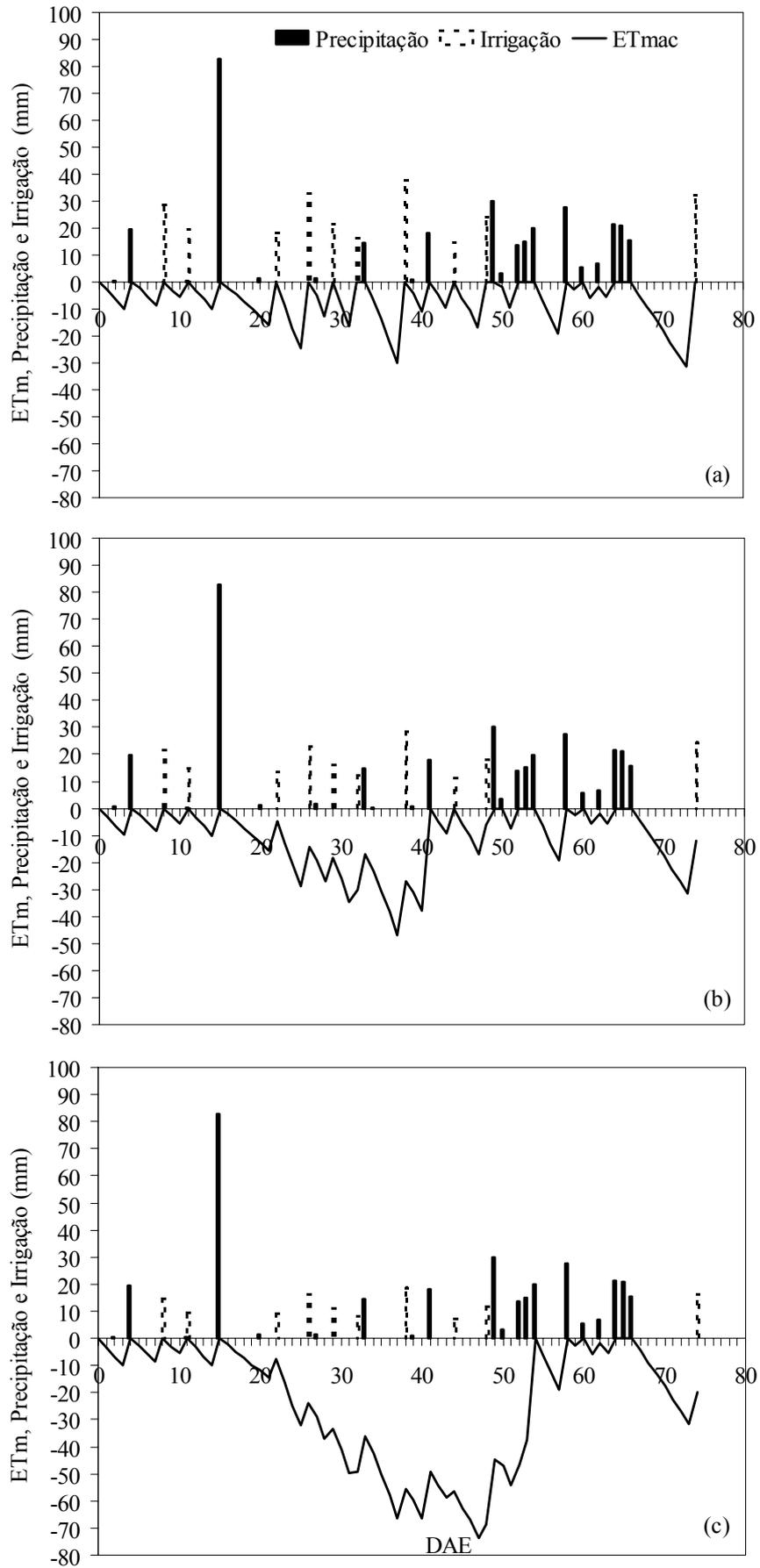


Figura 5. Irrigações realizadas durante a primavera de 2005 na cultura da batata, cv. *Asterix* em três níveis de atendimento da evapotranspiração máxima (ETm) (a =  $ETm_{100}$ , b =  $ETm_{75}$  e c =  $ETm_{50}$ ), e em função da precipitação ocorrida em cada dia após a emergência (DAE) das plantas. Santa Maria, 2005.

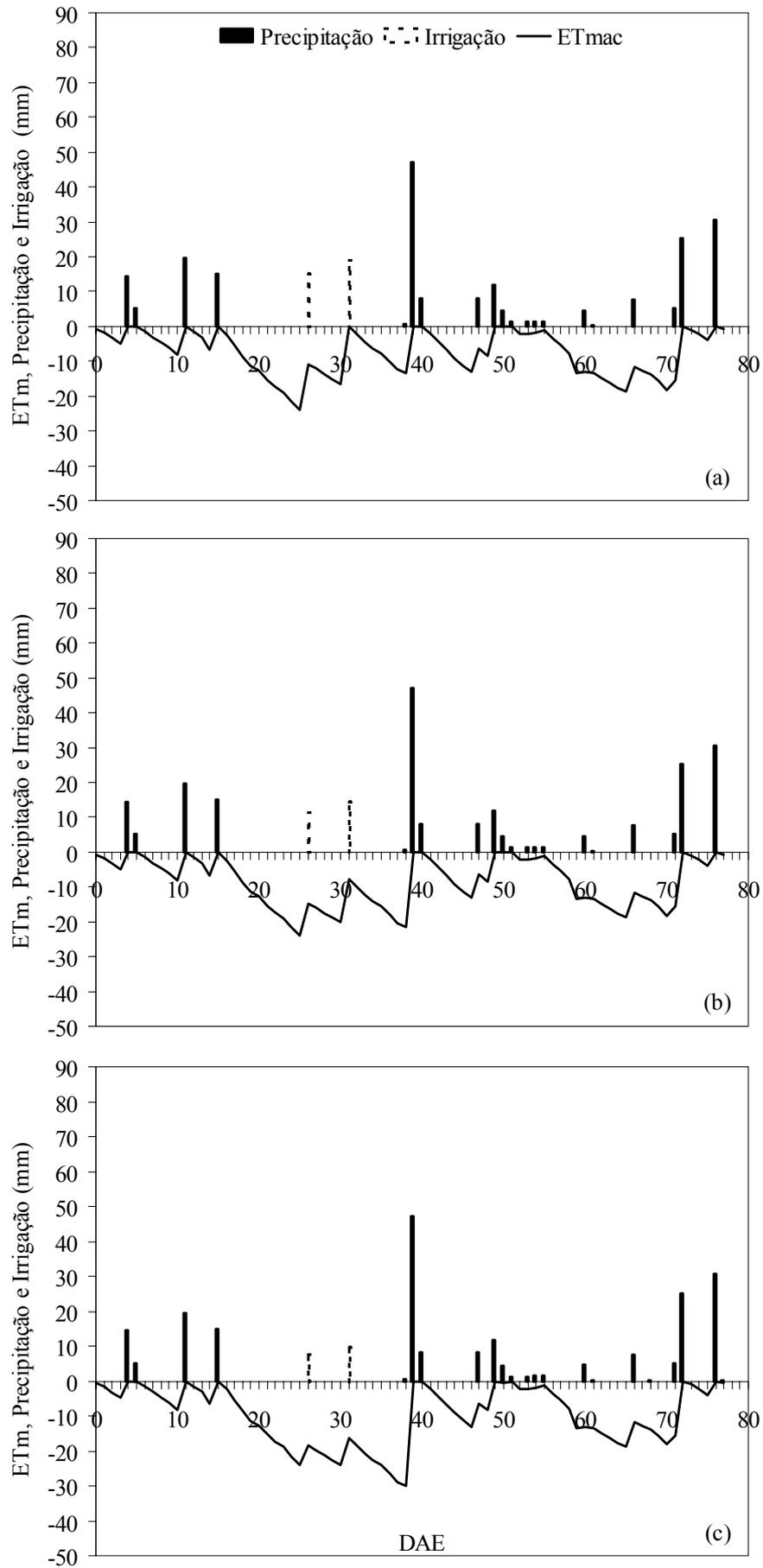


Figura 6. Irrigações realizadas durante o outono de 2006 na cultura da batata, cv. *Asterix* em três níveis de atendimento da evapotranspiração máxima (ET<sub>m</sub>) (a = ET<sub>m</sub>100, b = ET<sub>m</sub>75 e c = ET<sub>m</sub>50), e em função da precipitação ocorrida em cada dia após a emergência (DAE) das plantas. Santa Maria, 2006.

#### 4.4 Incidência e evolução da severidade da requeima

Segundo Zambolim (2006), as condições ideais que favorecem o desenvolvimento de epidemias de *Phytophthora infestans*, (Mont.) De Bary incluem períodos em que a *Tar* está em torno de 21°C e a *URa* acima de 90% no período noturno. De acordo com o mesmo autor, os sintomas podem aparecer cinco dias após a inoculação da doença se houver um mínimo de 11 ou 12 horas com *URa* próxima de 100%, e temperatura entre 18 e 21°C, possibilitando a ocorrência de pelo menos quatro horas de molhamento foliar contínuo.

##### 4.4.1 Experimento de primavera

No experimento de primavera, apesar da irrigação realizada para suprir as necessidades hídricas da cultura no tratamento *ETm100*, com um volume total de água aplicado de 245 mm, não houve a ocorrência da requeima, devido às condições meteorológicas que foram desfavoráveis ao seu desenvolvimento. No tratamento *ETm75* foram irrigados 183,8 mm e no tratamento *ETm50* 122,5 mm. A principal causa da não incidência de requeima na cultura da batata foram os períodos muito curtos de molhamento foliar e  $HUR > 90$  devido às altas temperaturas, que em 28% dos dias ficaram acima de 25°C, e a *URam* que prevaleceu abaixo de 90%, em 94% dos dias. Isto pode ser verificado na figura 7, onde estão representados os *VSac*, a precipitação acumulada e as  $HUR > 90$  para as fases de *EM-IT*, *IT-IS* e *IS-CO* de desenvolvimento das plantas.

Trentin (2006), desenvolveu um trabalho no qual foram avaliados sistemas de previsão de ocorrência de requeima, observou-se que o acúmulo de *VS* igual a zero, no sistema Blitecast, predominou em todas as fases de desenvolvimento da batata, no período de primavera de 2004. Da mesma forma, no experimento de primavera de 2005, os *VS* iguais a zero predominaram em todas as fases do ciclo de cultivo da batata. No final do período experimental, o acúmulo de *VS* atingiu 70 pontos a precipitação alcançou 320 mm e a soma total de  $HUR > 90$  alcançou 748 horas.

Na fase de *EM-IT* foram acumulados 12 *VS*, não sendo necessária a aplicação de fungicidas em nenhum tratamento. Nesta fase, que teve duração de 38 dias, ocorreu precipitação de 120 mm e as condições de alta umidade relativa ( $UR > 90$ ) somaram 147,5 horas. Com duração de 31 dias, a fase de *IT-IS* foi a que teve condições mais favoráveis para o desenvolvimento da requeima. No entanto, provavelmente com a aplicação de fungicidas aos 41, 43, 45, 53, 61, 64 e 66 DAE por causa do acúmulo de *VS*, quando haviam acumulados respectivamente 18, 24, 30, 36 (*Bli18*), 48 (*Bli24*), 52 (*Bli18*) e 60 (*Bli30*) *VS*, a doença não se

desenvolveu. Nesta fase acumularam-se 51 *VS*, choveu 199 mm e somaram-se 368 *HUR*>90. Na fase de *IS-CO* as condições meteorológicas foram novamente desfavoráveis ao desenvolvimento do oomiceto, de maneira que os *VSac* alcançaram apenas 7 pontos, pois a precipitação foi escassa e de curta duração e somaram-se apenas 232 *HUR*>90, em 25 dias.

No trabalho conduzido por Trentin (2006), houve a incidência da requeima no período de primavera, ao contrário deste trabalho conduzido na primavera de 2005. Isso pode ser explicado pela *Tar*, uma vez que nos dois experimentos o acúmulo de *VS* foi baixo. Segundo o mesmo autor, temperaturas médias acima de 25°C na presença de umidade têm probabilidade de ocorrência inferior a 0,1% durante o ciclo de cultivo da batata na primavera ou no outono.

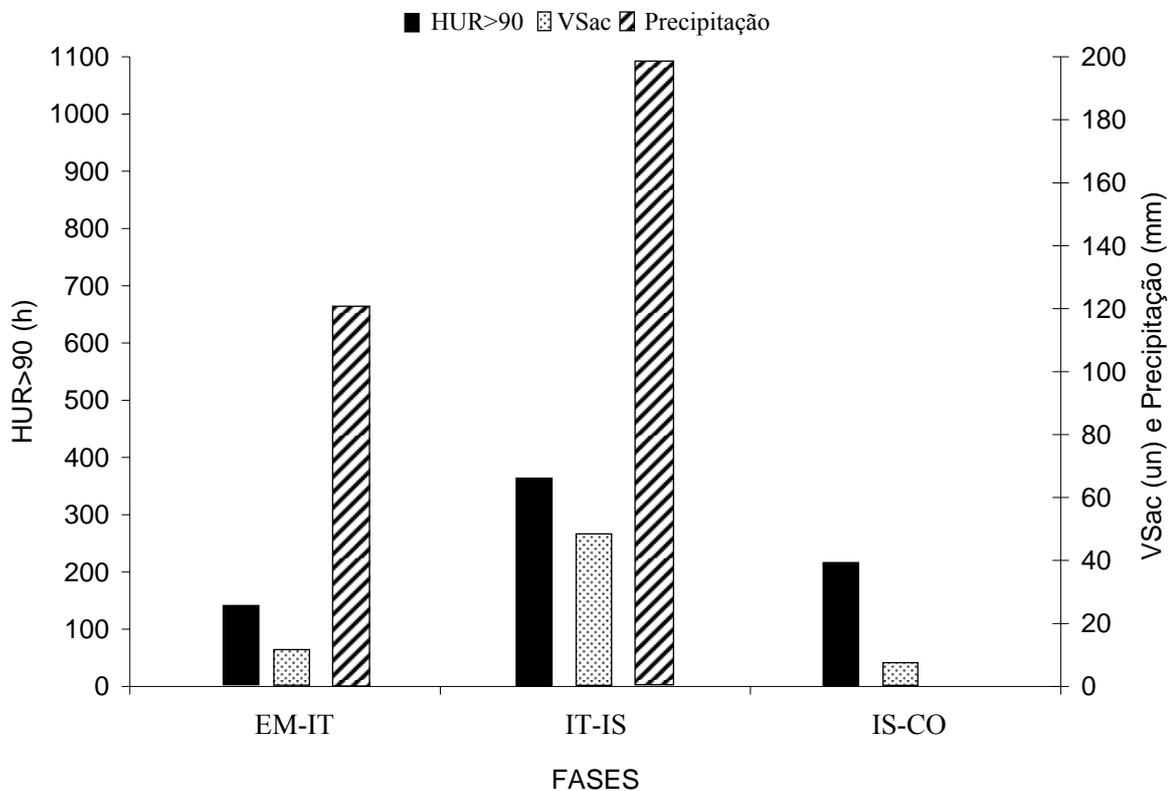


Figura 7. Valores de severidade acumulados (*VSac*) pelo sistema Blitecast, tempo em horas com umidade relativa maior que 90% (*HUR*>90) e precipitação, acumulados durante as fases de emergência – início da tuberação (*EM-IT*), início da tuberação – início da senescência (*IT-IS*) e início da senescência – colheita (*IS-CO*) na cultura da batata, cv. *Asterix*, na primavera de 2005. Santa Maria, 2005.

#### 4.4.2 Experimento de Outono

No experimento de outono as condições para o desenvolvimento da doença foram favoráveis. No total foram 1486 *HUR*>90, precipitação de 214 mm e irrigação de 34 mm (Figura 8). Na fase de *EM-IT* ocorreu um total de 200,8 *HUR*>90, precipitação de 39,4 mm, *Tar* média de 19 °C, sendo acumulados 14 *VS* pelo sistema Biltecast. Essas condições não

foram suficientes para a incidência da requeima durante esta fase. No entanto, na fase seguinte *IT-IS*, mais prolongada e com condições mais favoráveis, ocorreu a infecção e desenvolvimento da requeima da batata, pois nesta fase ocorreu um total de 1054 *HUR*>90, 174 mm de precipitação e um acúmulo de 117 *VS*, e a *Tar* média foi de 16,2°C. Na fase de *IS-CO*, que ocorreu em um período menor, registraram-se precipitação total de 2,0 mm, 232 *HUR*>90 e acúmulo de 20 *VS*, devidos principalmente à formação de orvalho e da *Tar* média, que foi de 15,8°C.

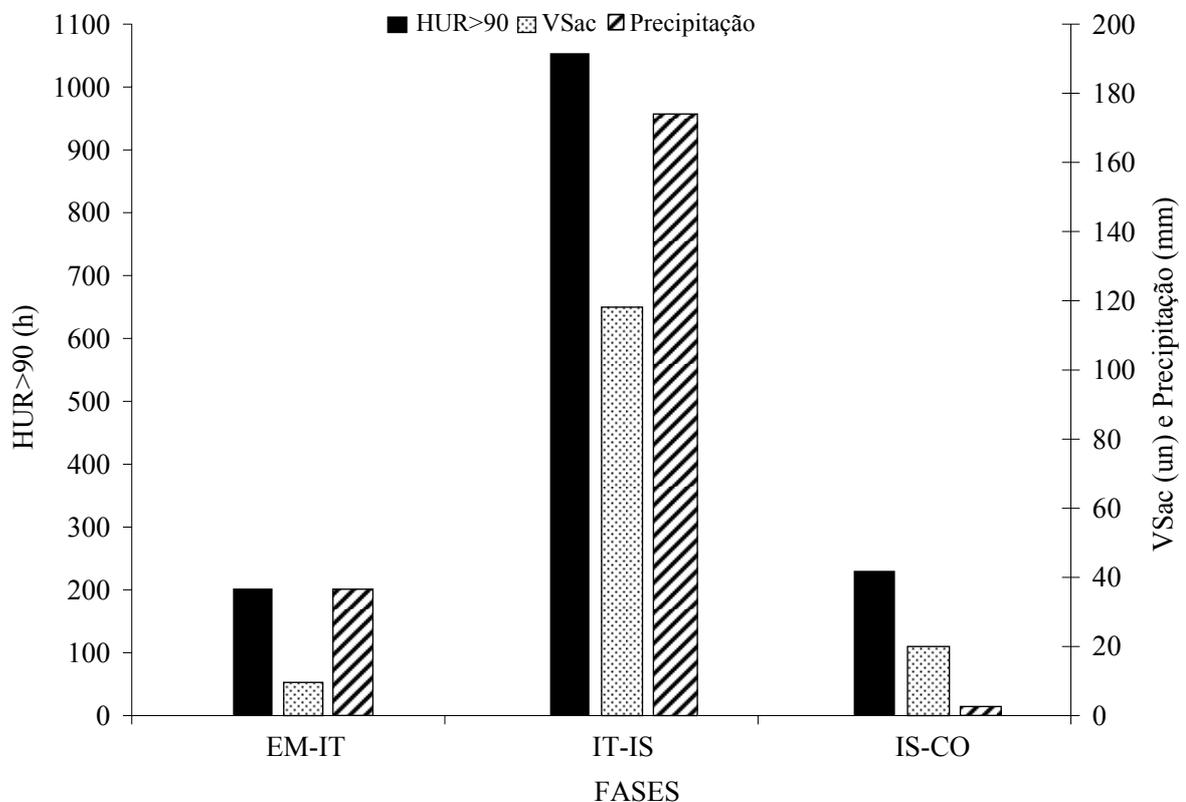


Figura 8. Valores de severidade acumulados (*VSac*) pelo sistema Blitecast, tempo em horas com umidade relativa maior que 90% (*HUR*>90) e precipitação, acumulados durante as fases de emergência – início da tuberação (*EM-IT*), início da tuberação – início da senescência (*IT-IS*) e início da senescência – colheita (*IS-CO*) na cultura da batata, cv. *Asterix*, no outono de 2006. Santa Maria, 2006.

A observação do aparecimento dos primeiros sintomas da requeima da batata ocorreu aos 20 *DAE*, quando se confirmou a incidência da doença nos tratamentos *Bli30* e na *Test* (Figura 9). Aos 20 *DAE* já havia ocorrido o acúmulo de 24 *VS* calculados pelo sistema Blitecast por causa das precipitações e da formação de orvalho nesse período inicial, criando

as condições para a infecção e desenvolvimento de requeima. Desta forma, foi necessária uma aplicação de fungicidas nos tratamentos *Bli18* e *Bli24*.

Dos 15 *DAE* aos 39 *DAE* não ocorreu mais nenhuma precipitação e a irrigação realizada não foi o suficiente para criar condições para o desenvolvimento da doença, visto que na *Test* a doença destruiu apenas 1% da área foliar da cultura até os 40 *DAE*. Outro fator que pode explicar a paralisação do desenvolvimento da requeima é o pequeno acúmulo de *VS*, embora com esse pequeno valor somado aos acumulados anteriormente tenha havido a necessidade de aplicação de fungicidas no tratamento *Bli30*. Após esse período, voltou-se a registrar a ocorrência de chuvas significativas e, aos 53 *DAE* a área foliar destruída na *Test* estava em 2% e no tratamento *Bli30* estava em 1%. Nos tratamentos *Bli18* e *Bli24* ainda não havia incidência observada da doença. Nestes tratamentos a requeima foi identificada aos 58 *DAE*, após a ocorrência de chuvas e formação de orvalho durante cinco dias consecutivos, além de temperaturas amenas, em torno de 16°C, que favoreceram o desenvolvimento do oomiceto. Aos 63 *DAE* a área foliar afetada pela doença na *Test* já alcançava 10%, enquanto que no *Bli18* era de 1,0%.

Após a constatação do início da senescência, aos 77 *DAE* foi efetuada a última observação da evolução da requeima. Aos 77 *DAE* no tratamento *Bli18*, a área foliar afetada pela doença estava em 67%, enquanto que na *Test* alcançou 92%. Dos 63 *DAE* até os 78 *DAE* o desenvolvimento da doença foi exponencial na *Test* devido às condições meteorológicas favoráveis, com períodos prolongados de molhamento foliar ou *HUR*>90 e temperaturas amenas, normais para esta época do ano na região, na medida em que se aproxima o inverno. No tratamento *Bli18* o desenvolvimento e alastramento da requeima se deu com maior velocidade apenas após os 72 *DAE*, quando da ocorrência de precipitações mais significativas e períodos mais prolongados de molhamento foliar e *HUR*>90.

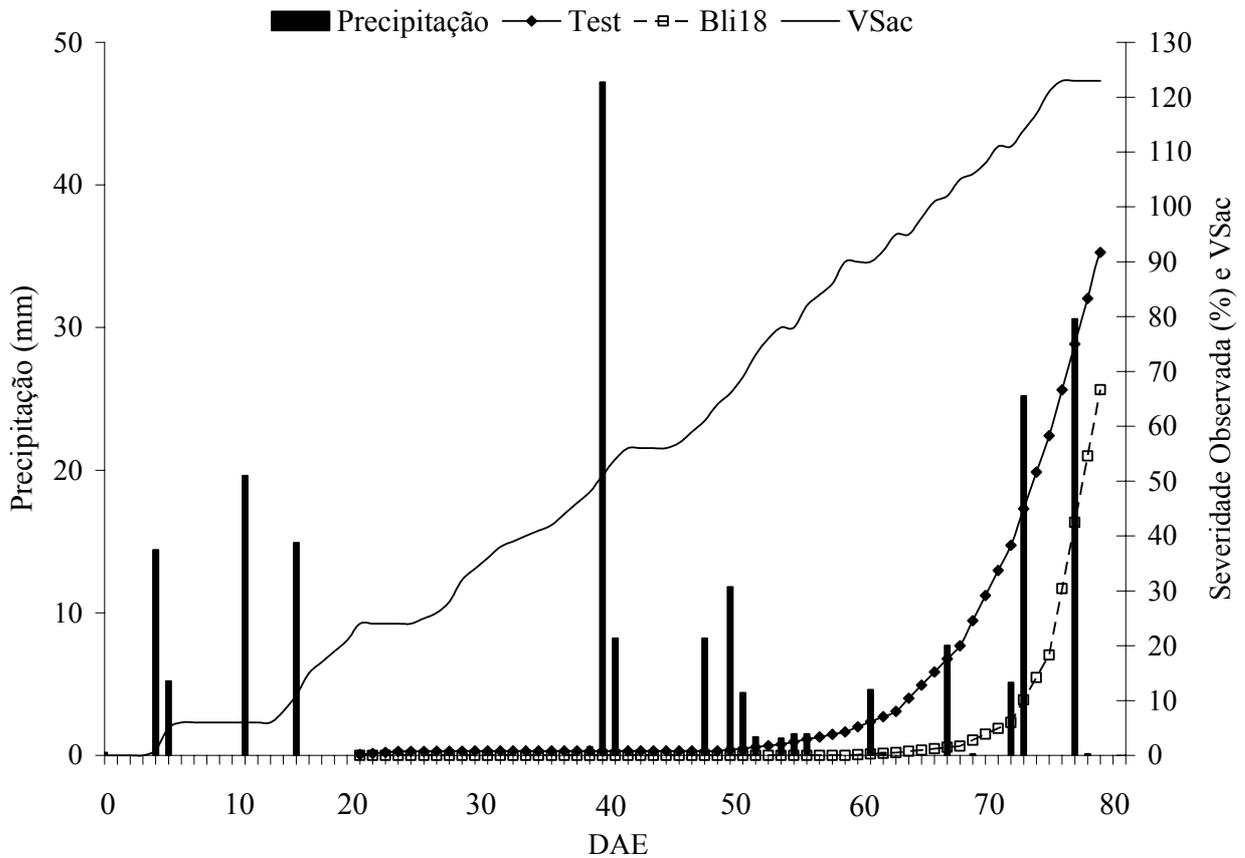


Figura 9. Precipitação, valores de severidade acumulados (*VSac*) e evolução da severidade de dano observada de requeima na ausência de fungicida (*Test*) e com aplicação quando pelo sistema Blitecast com os tratamentos *Bli18*, em cultivo de batata, cv. *Asterix*, no outono de 2006. Santa Maria, 2006.

Na comparação entre os tratamentos *Bli18*, *Bli24* e *Bli30* (Figura 10), verificou-se uma eficiência diferenciada para o controle da requeima da batata. O melhor controle ocorreu no *Bli18*, seguido do *Bli24* que foi pouco diferente do *Bli18*, seguido do *Bli30*, onde o grau de danos iniciou antes e foi o mais intenso dos três tratamentos. A *Test* foi incluída para fins de comparação com os tratamentos em que o sistema Blitecast foi utilizado para determinar o momento da aplicação de fungicidas.

O resultado final de severidade observada da doença foi semelhante entre o tratamento *Bli30* e a *Test*, com 87% e 92%, respectivamente. No entanto, nos tratamentos com aplicação de fungicidas conseguiu-se um prolongamento da área foliar sadia, em torno de 10 dias, até o aumento exponencial da severidade da doença. Com isso pode-se inferir recomendar não esperar o acúmulo de 30 *VS* para realizar a aplicação de fungicidas para o controle da requeima.

Entre os tratamentos *Bli18* e *Bli24* não houve diferença significativa, pois os valores da área foliar afetada na última observação visual da evolução da requeima foram iguais (67%). A diferença novamente é o tempo de área foliar sadia, que no *Bli18* foi mais prolongado em relação ao *Bli24*.

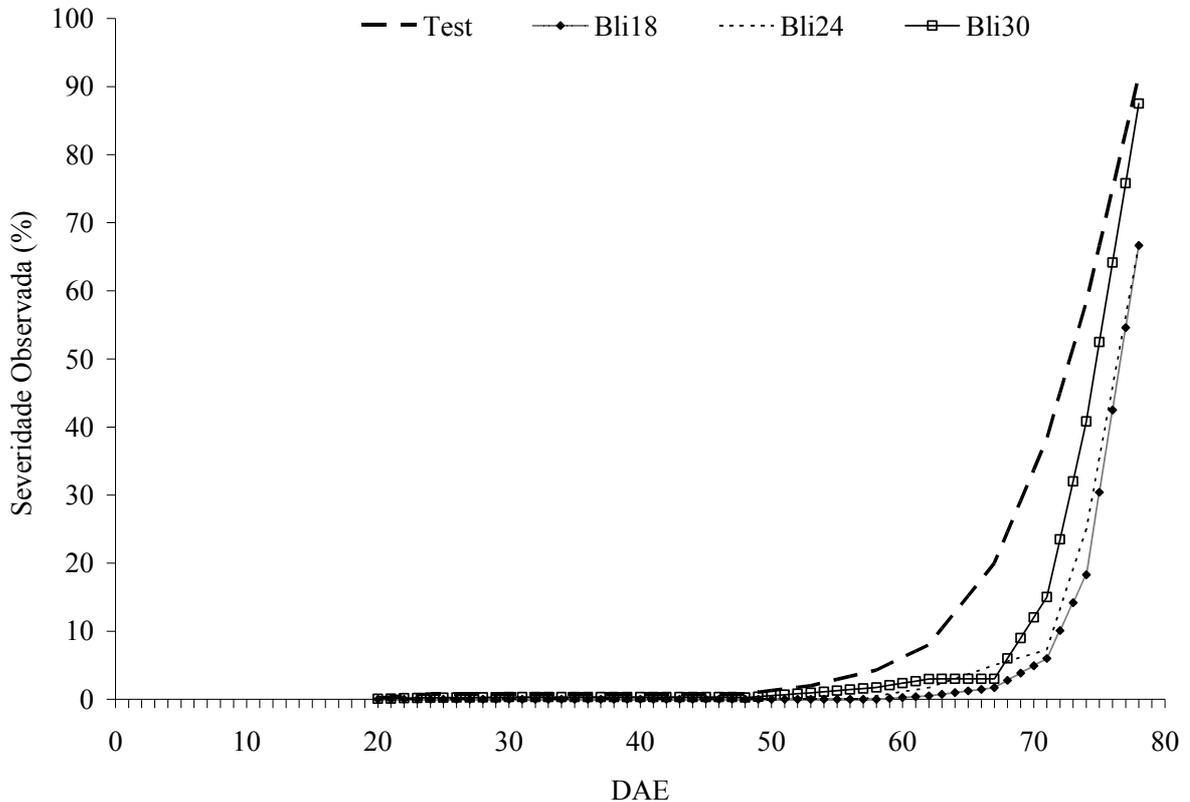


Figura 10. Evolução da severidade observada da requeima em cultivo de batata, cv. *Asterix*, em função da aplicação de fungicidas quando foram acumulados 18, 24, 30 VS pelo sistema Blitecast (*Bli18*, *Bli24*, e *Bli30*) e tratamento sem aplicação (*Test*), em experimento de outono. Santa Maria, 2006.

#### 4.5 Rendimento da cultura

No experimento de 2005 a grande maioria dos tubérculos estavam embonecados e com reentrâncias ou defeitos fisiológicos provocados pelas altas temperaturas, confirmando a afirmação de Lovato (2005). Em função disso, obteve-se em avaliar apenas a produtividade total da cultura (*PT*), não diferenciando os tubérculos entre produção comercial e não-comercial, mesmo porque a *PT* não apresentou relação com produção comercial nos diferentes tratamentos.

#### 4.5.1 Relação entre rendimento e o ataque de *Phytophthora infestans*, (Mont.) De Bary nas plantas de batata

Na tabela 4 são apresentados os valores das variáveis de rendimento total de batata ( $RT$ ,  $t\ ha^{-1}$ ), dias com área foliar sadia ( $DAFS$ ), área abaixo da curva de progresso da doença ( $AACPD$ ) e severidade observada da doença no outono de 2006, em função de diferentes tratamentos de aplicação de fungicidas pelo sistema Blitecast. A  $AACPD$  indica a atividade da doença; quanto maior o seu valor, maior é o seu ataque.

Pode-se observar que no experimento de outono houve diferenças significativas de rendimento entre os tratamentos de controle da requeima da batata através da utilização do sistema Blitecast, e destes para o tratamento *Test*, no qual não houve a aplicação de fungicidas. Na comparação entre os tratamentos, o *Bli18* proporcionou o maior rendimento, e não diferiu apenas do tratamento *Bli24*. Na figura 10, é possível visualizar graficamente a evolução da severidade observada de requeima. Em relação ao rendimento total ( $RT$ ) obtido, este tratamento atingiu  $2,74\ t\ ha^{-1}$ ,  $3,89\ t\ ha^{-1}$  e  $4,07\ t\ ha^{-1}$  a mais do que os tratamentos *Bli24*, *Bli30* e *Test*, respectivamente.

Esses rendimentos podem ser facilmente relacionados à severidade observada de requeima nas plantas de batata, e também nos dias com área foliar sadia ( $DAFS$ ), que tem relação direta com a severidade observada. Entre os tratamentos com aplicação de fungicidas não houve diferença significativa entre o *Bli18* e o *Bli24*, visto que a severidade observada alcançou aproximadamente 70% nos dois tratamentos (Tabela 4), havendo diferença de apenas 1  $DAFS$ , assim como área abaixo da curva de progresso da doença ( $AACPD$ ) muito próxima (228,3 no *Bli18* e 278,8 no *Bli24*).

Na comparação entre os tratamentos com a aplicação de fungicidas com aqueles sem aplicação, a diferença foi mais significativa. A maior diferença entre esses tratamentos ocorreu na comparação entre o tratamento *Bli18* e a *Test*. Isto pode ser explicado pela diferença de 7  $DAFS$  que influenciou diretamente os valores observados da severidade nestes tratamentos, que foram respectivamente de 70% e 92%. Também, através da  $AACPD$  pode-se observar que o ataque de *P. infestans* sobre as plantas de batata foi maior, na medida em que essa variável atingiu 228,3 e 700,8 unidades, respectivamente, nestes tratamentos. Não houve diferença significativa entre o tratamento *Bli30* e a *Test*.

Também é possível verificar que na relação entre a produtividade total ( $PT$ ,  $t\ ha^{-1}$ ), em função dos  $DAFS$ , da  $AACPD$  e severidade final observada, com valores transformados em raiz de arco seno (Figura 11), os coeficientes de determinação mostram que há dependência.

Quanto maiores foram os valores da variável *DAFS*, tanto menores os valores da *AACPD* e da severidade observada da requeima da batata, o que refletiu numa maior produção obtida. Isso mostra que uma maior produtividade pode ser obtida quando é efetuado um bom manejo de controle do patógeno, como por exemplo, com a adoção adequada de um sistema de alerta específico para o controle da requeima, como é o caso do sistema Blitecast.

Os resultados encontrados são condizentes com os encontrados por Trentin (2006), em há uma estreita relação entre *DAFS*, *AACPD*, Severidade e Produtividade, ou seja, quanto maiores os valores de *DAFS*, quanto menores os valores de *AACPD* e Severidade, maior será a produção da batata.

Tabela 3. Produtividade Total (*PT*) de batata, cv *Asterix*, dias com área foliar sadia (*DAFS*), área abaixo da curva de progresso da doença (*AACPD*) e severidade observada da doença no outono de 2006, em função de diferentes tratamentos de aplicação de fungicidas pelo sistema Blitecast. Santa Maria, 2006.

Tratamento	<i>DAFS</i>	<i>AACPD</i>	Severidade (%)	<i>PT</i> (t ha <sup>-1</sup> )*
Test	96,2	700,8	91,7	23,90 b
Blit18	103,1	228,3	66,7	27,97 a
Blit24	102,3	278,8	66,7	25,23 ab
Blit30	100,5	417,2	87,5	24,06 b
<b>Média</b>				25,42
<b>CV (%)</b>				13,00

\* Tratamentos não seguidos pela mesma letra nas colunas diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

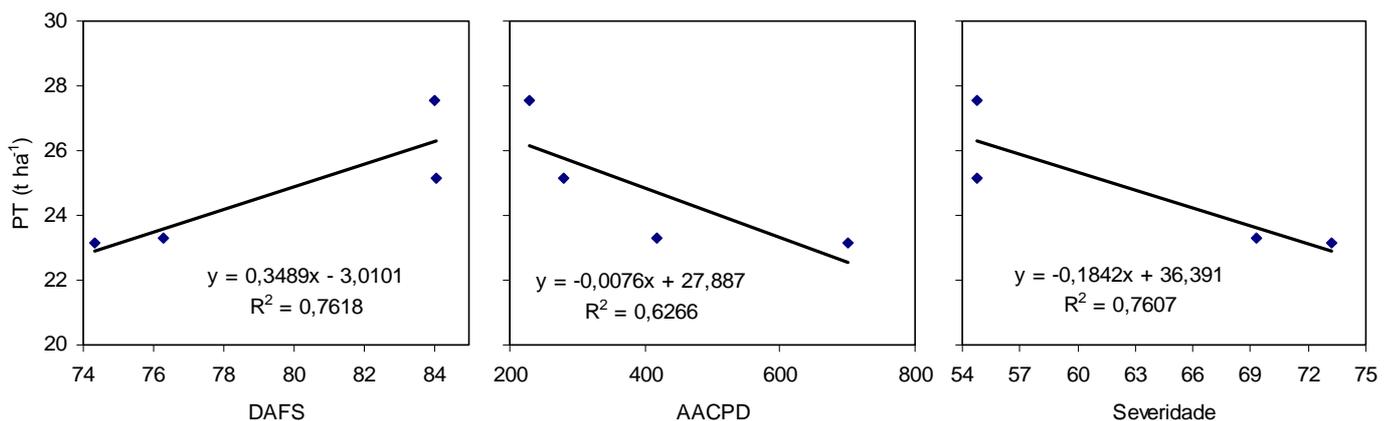


Figura 11. Relação entre a produtividade total (*PT*, t ha<sup>-1</sup>), em função dos dias de área foliar sadia (*DAFS*, dias), área abaixo da curva de progresso da doença (*AACPD*) e severidade final observada, com valores transformados em raiz de arco seno, para a batata, cv. *Asterix*, cultivado no período de outono. Santa Maria, 2006.

#### 4.5.2 Produtividade e irrigação

Na tabela 5 estão descritos os rendimentos totais na primavera de 2005 e no outono de 2006, em função de diferentes níveis de irrigação (*ETm100a*, *ETm100g*, *ETm75a*, *ETm50a* e *Test*) calculados a partir do acúmulo diário da *ETm* e aplicados em função das condições meteorológicas. A avaliação é por comparação de médias através do teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Também, no experimento de primavera, verifica-se que os tratamentos com irrigação obtiveram os maiores rendimentos em relação aos tratamentos sem irrigação, com variação estatística significativa entre os tratamentos com a aplicação de uma lâmina de 100% da *ETm* (*ETm100a*) e *Test*, com diferença de produção de  $10,85 \text{ t ha}^{-1}$ , sendo que respectivamente estes tratamentos atingiram  $33,08 \text{ t ha}^{-1}$  e  $22,23 \text{ t ha}^{-1}$ .

Na comparação da irrigação por aspersão com a irrigação por gotejamento esperava-se que o segundo método obtivesse os melhores resultados, pelo fato deste permitir a aplicação junto às plantas fazendo com que as perdas por evaporação sejam mínimas, aumentando a sua eficiência em relação ao uso da água (CARDOSO NETO, 2006). Além disso, existe a possibilidade de ocorrer menor severidade de ataque da doença, pelo menor tempo de molhamento. Porém, no experimento realizado na primavera o resultado obtido foi o inverso, com maior produção no tratamento com irrigação por aspersão, sendo que a diferença estatística não foi significativa. Isto provavelmente ocorreu pelo fato da irrigação por aspersão possibilitar um umedecimento mais homogêneo da superfície do solo, diminuindo a temperatura da camada superficial do solo e da superfície das folhas e no interior do dossel devido a maior evaporação, influenciando a abertura estomática e taxa fotossintética. Além da disponibilidade hídrica, o comportamento estomático também é afetado pela radiação solar (TAIZ & ZIEGER, 1998), umidade relativa e temperatura do ar (AZEVEDO et al., 1993). Assim, com a temperatura na superfície das folhas menor, ocorre a abertura dos estômatos e, isso possibilita às plantas continuarem respirando e mantendo o seu metabolismo mais acelerado devido as melhores condições térmicas e de potencial hídrico da planta. A amenização das temperaturas máximas pode ser mais favorável ao armazenamento de carboidratos, refletindo-se na produção final das plantas.

No outono os resultados de produção obtidos em função dos tratamentos com irrigação não apresentaram diferenças estatísticas significativas em relação aos tratamentos sem a aplicação de lâminas de água.

Na comparação entre os tratamentos *ETm100*, por aspersão e por gotejamento também não houve diferença estatística significativa.

Tabela 4. Produtividade Total de batata, cv *Asterix*, na primavera de 2005 e no outono de 2006, em função de diferentes níveis de irrigação calculados a partir do acúmulo diário da *ETm* e aplicados em função das condições meteorológicas desfavoráveis à deriva. Santa Maria, 2006.

Ano	Tratamento	PT (t ha <sup>-1</sup> )	Irrigação		Precipitação (mm)
			Número	Total (mm)	
Primavera/2005	<i>ETm100a</i>	33,08 a	10	245,00	319,8
	<i>ETm50a</i>	28,61 ab	10	122,50	319,8
	<i>ETm100g</i>	28,08 ab	10	245,00	319,8
	<i>ETm75a</i>	26,37 ab	10	182,12	319,8
	<i>Test</i>	22,23 b	0	0,00	319,8
	<b>Média</b>	27,67			
	<b>CV (%)</b>	16,00			
Outono/2006	<i>Test</i>	26,01 a	0	42,55	214,1
	<i>ETm100a</i>	25,46 a	2	0,00	214,1
	<i>ETm75a</i>	25,23 a	2	21,27	214,1
	<i>ETm50a</i>	25,03 a	2	31,91	214,1
	<i>ETm100g</i>	23,45 a	2	42,55	214,1
	<b>Média</b>	25,03			
	<b>CV (%)</b>	13,00			

Tratamentos não seguidos pela mesma letra nas colunas diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

#### 4.5.3 Rendimento em função do acúmulo de valores de severidade (VS) do sistema Blitecast

Devido aos problemas já mencionados, o experimento de primavera foi conduzido em um período inadequado para a produção de batata, isto é, um período seco e relativamente muito quente. Provavelmente essa foi a razão para que não tenham ocorrido diferenças significativas entre os diferentes tratamentos de aplicação de fungicidas para o controle da requeima da batata através do sistema Blitecast. Neste período as condições meteorológicas foram desfavoráveis para o desenvolvimento do patógeno, visto que os períodos com molhamento foliar ou com *URa* acima de 90% foram relativamente curtos e pouco frequentes e, assim, o acúmulo de *HUR*>90 e conseqüentemente de *VS* também foi baixo. Isto pode ser observado na tabela 6, onde são apresentados os dados de rendimento total (*RT*) de batata, em função da aplicação de fungicidas baseado no cálculo dos valores de severidade (*VS* = 18, 24 e 30) com o respectivo número de aplicações e *HUR*>90% para a primavera de 2005 e o outono de 2006.

Na tabela 6 ainda pode ser observado que o acúmulo de VS na primavera foi praticamente a metade em comparação ao período de outono, assim como as aplicações de fungicidas. O baixo acúmulo de VS evidenciou o não desenvolvimento da *P. infestans*, que ficou paralisada, não sendo verificada a incidência do patógeno na cultura no decorrer de todo experimento. Isso se refletiu na produção, que não teve variação significativa entre os tratamentos, sendo a média do tratamento *Bli18* de 27,89 t ha<sup>-1</sup>, seguido do *Bli24* com 27,84 t ha<sup>-1</sup> e do *Bli30* com 25,69 t ha<sup>-1</sup>.

No experimento de outono a variação entre os tratamentos com aplicação de fungicidas foi significativa, com melhor produtividade no tratamento *Bli18*, que atingiu 27,97 t ha<sup>-1</sup>. Os tratamentos *Bli24* e *Bli30* foram inferiores, nos quais o rendimento obtido foi de 25,23 t ha<sup>-1</sup> e 24,08 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Na comparação entre o tratamento *Bli18*, e os tratamentos sem a aplicação de fungicidas (*Test*), a variação foi significativa, de maneira que no *Test* a produção foi de 24,12 t ha<sup>-1</sup>. Porém, na comparação entre o tratamento *Test*, *Bli24* e *Bli30* não houve diferença significativa.

Portanto, em períodos úmidos com pequenas deficiências hídricas, a irrigação de até 42 mm, em duas parcelas não afetou a incidência nem a produtividade, mas nessas condições a contabilização de apenas 18 VS pelo sistema Blitecast mostrou ser a opção adequada para definir os momentos de aplicação de fungicidas.

Tabela 5. Produtividade Total (PT) de batata, cv *Asterix*, em função da aplicação de fungicidas baseado no cálculo de 18, 24 e 30 valores de severidade (VS) (*Bli18*, *Bli24* e *Bli30*), pelo sistema Blitecast, com o respectivo número de aplicações e as horas com umidade relativa acima de 90% para a primavera de 2005 e o outono de 2006. Santa Maria, 2006.

Ano	Tratamento	PT (ton ha <sup>-1</sup> )*	Nº Aplicações	HUR>90
Primavera/2005	<i>Bli18</i>	27,89 a	3	748
	<i>Bli24</i>	27,84 a	2	
	<i>Bli30</i>	27,34 a	2	
	<b>Média</b>	27,67		
	<b>CV (%)</b>	16,00		
Outono/2006	<i>Bli18</i>	27,97 a	5	1485,8
	<i>Bli24</i>	25,23 ab	4	
	<i>Bli30</i>	24,06 b	3	
	<i>Test</i>	23,90 b	0	
	<b>Média</b>	25,42		
	<b>CV (%)</b>	13,00		

Tratamentos não seguidos pela mesma letra nas colunas diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

#### 4.5.4 Interação entre irrigação, sistema de previsão e rendimento da cultura

A análise da variância mostrou, através do teste  $F$ , que não houve interação entre a produtividade total, os tratamentos de controle da requeima através do sistema Blitecast e a aplicação de diferentes níveis de lâminas de água, tanto no experimento de primavera quanto no experimento de outono.

Deste modo, para as condições em que os experimentos foram conduzidos, a irrigação não afetou o desenvolvimento da *Phytophthora infestans*, (Mont.) De Bary.

Assim, no experimento de primavera o fator irrigação afetou significativamente a produtividade total da batata e o sistema de controle da doença não teve interação significativa. Isso pode ser explicado pela época em que o experimento foi realizado, no qual as temperaturas mais elevadas e a baixa umidade relativa na maior parte dos períodos influenciaram negativamente o desenvolvimento do oomiceto.

No experimento de outono, houve o efeito inverso, ou seja, houve interação entre o sistema blitecast e a produtividade total, e o efeito da irrigação não foi significativo. Devido às condições meteorológicas, houve a necessidade de realizar apenas duas irrigações complementares e, com a precipitação que ocorreu de forma melhor distribuída, a interação do fator irrigação não foi significativa. Para o fator controle da requeima pela aplicação de fungicidas conforme  $VS$  calculados pelo sistema Blitecast, a interação foi significativa, devido ao ataque da requeima da batata sobre a cultura, proporcionado pelas condições meteorológicas favoráveis ao seu desenvolvimento.

Nas condições de clima da região de Santa Maria, a irrigação feita em intervalos de pelo menos 3 dias ou mais não tem influência significativa sobre o desenvolvimento da requeima. Isso pode ser sustentado pelo fato de que, pois a condição de necessidade de irrigação ocorre, em geral, em períodos com temperaturas elevadas e tempo seco. Essas condições são pouco favoráveis ao desenvolvimento desse patógeno, pois apresentam períodos menores de  $URa$  acima de 90%, com o acúmulo de  $ETm$  diário e o acúmulo de  $VS$  é pequeno.

## 5 CONCLUSÕES

Em períodos relativamente secos com temperatura alta, a produtividade é influenciada pela irrigação, principalmente quando a necessidade hídrica da cultura é plenamente atendida com a reposição de 100% da *ETm*.

Em períodos úmidos, a produtividade é influenciada pela eficiência no controle da requeima da batata.

Nas condições de clima da região de Santa Maria, a irrigação em intervalos de pelo menos 3 dias não tem influência significativa sobre o desenvolvimento da *Phytophthora infestans*, (Mont.) De Bary.

## 6 REFERÊNCIAS

- ABBA - Associação Brasileira da Batata. A história da batata.. Disponível em: <<http://www.abbabatatabrasileira.com.br/historia.htm>> (Acesso em 07/08/2006).
- AGRIOS, G. N. **Plant Pathology**. Academic Press, London, San Diego. 4a ed., 1997, 635p.
- AGUIAR NETTO, A. DE O. et al. Análise de crescimento na cultura da batata submetida a diferentes lâminas de irrigação. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, Brasília, v.35, n.5, p.901-907, maio de 2000.
- ANTUNES, F. Z. & FORTES, M. Exigências Climáticas para a cultura da batata. **Informe agropecuário**. v.7, n.76, p.19-23. 1981.
- AZEVEDO, P. V. et al. Resistências aerodinâmica e estomática da cultura do algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.1, n.1, p.19- 24, 1993.
- BALARDIN, R. S. Dinâmica de doenças em culturas irrigadas por aspersão. In: Carlesso, R. (Ed) **Irrigação por Aspersão no Rio Grande do Sul**. Santa Maria, RS, 2001. 165p.:il
- BARROTI, G.; HAYASHI, P. Fitoreguladores na cultura da batata. **Revista Batata Show**. v.5, nº12, 2005.
- BÄTZ, W. et al.: Entwicklungsstadien der Kartoffel. Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft. Merkblatt 27/5. 1980
- BEZERRA, F. M. L. et al. Deficiência hídrica em vários estádios de desenvolvimento da batata. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, n.2, p.119-123, 1998.
- BEZERRA, F. M. L. **Coefficientes de cultura e efeitos de déficits hídricos nos diferentes estádios fenológicos sobre a produção de batata (Solanum tuberosum L.)**. Tese de Doutorado, Escola Superior Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 131p., 1995.
- BERGAMIN FILHO, A. & AMORIM, L. Sistemas de previsão e avisos. In: Bergamin Filho, A., Kimati, H.; Amorim, L. (Ed) **Manual de Fitopatologia: princípios e conceitos**. São Paulo: Ceres, 1995. p.602-606.

BISOGNIN, D. A. **Recomendações técnicas para o cultivo da batata no Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Boletim técnico, Centro de Ciências Rurais. Gráfica Universitária – UFSM. Santa Maria. 1996. 64p.

CARDOSO NETO, A. Tópicos básicos de irrigação – 1º Fascículo. A irrigação e a drenagem de áreas rurais: uma visão geral. 13p.

Disponível em:

<<http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/ProducaoAcademica.asp>> (Acesso em 09/12/2006)

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

CIP, 2007 – Centro Internacional de La Papa. Disponível em:

<<http://research.cip.cgiar.org/typo3/web/index.php?id=462>> (Acesso em: 16/01/2007)

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**. Ed.10. Porto Alegre, 2004. 400p.

COSTA R. V. et al. Previsão da requeima da batateira. **Fitopatologia Brasileira**. n.27, v.4, p.349-354. 2002.

DeJARNETT, A. M. The Irish Potato Famine Fungus, *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. Southern Illinois University Carbondale/Ethnobotanical Leaflets.  
Site <http://www.siu.edu/~ebl/leaflets/blight.htm> (Acesso em 14/08/2006)

DUARTE, S. N. **Efeitos do horário e da lâmina de irrigação na cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.)**. 1989.148p. Dissertação de Mestrado, Escola Superior Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP, 1989.

DOORENBOS, J., KASSAM, A.H. **Yield response to water**. Rome: FAO, 1979. 193 p. (Irrigation and Drainage, 33).

EMBRAPA Hortaliças. Disponível em:

<[http://www.embrapa.br/linhas\\_de\\_acao/alimentos/hortalicas/index\\_html/mostra\\_documento](http://www.embrapa.br/linhas_de_acao/alimentos/hortalicas/index_html/mostra_documento)>(Acesso em 03/08/2006).

EMBRAPA. Centro nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. Brasília: Embrapa-RPI, 1999. 412p.

ERWIN, D. C.; RIBEIRO, O. K. *Phytophthora* diseases worldwide. The American **Phytopathological Society**. St. Paul, Minnesota. 2005. 562p.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAOSTAT. Disponível em <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567>> (Acesso em 08/02/2007)

FORTES, G. R. de L. & PEREIRA, J. E. S. Classificação e descrição botânica. In: PEREIRA, S. A.; DANIELS, J. (Eds). **O cultivo da batata na região sul do Brasil**. Embrapa, p.69-79, 2003.

FRY, W.E. & MIZUBUTI, E.S. Potato Late Blight. In: JONES, D.G. (Ed.), **The Epidemiology of Plant Diseases**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1998, pp.371–388.

FRANKE, A. E. & KONIG, O. Determinação do coeficiente de cultura (Kc) da batata (*Solanum tuberosum* L.) nas condições edafoclimáticas de Santa Maria, RS. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, Brasília, v.29, n.4, p.625-630, 1994.

GALLI, F. et al. **Manual de fitopatologia. Volume II: Doenças de plantas cultivadas**. Ceres. São Paulo, v.2. 587p, 1980.

GARCIA, C. J. B. **Irrigação por gotejamento superficial e subsuperficial na cultura da batata (*Solanum tuberosum*) com dois sistemas de plantio**. 2003. 67p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Botucatu, SP, 2003.

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

GOMES, C. B. et al. Viabilidade do uso da previsão no controle da requeima (*Phytophthora Infestans*) em batata nas regiões de Pelotas e São Lourenço do Sul-RS. **Comunicado Técnico** – MAPA. Pelotas – RS. 2002.

HELDWEIN, A. B. **Ermittlung der Taubenetzung von Pflanzenbeständen durch Anwendung mikrometeorologischer Verfahren sowie mittels konventioneller Methoden.** Berlin: TU-Berlin, 206p. Dissertação (Dr. Sci. Agrar.) – Fachbereich Internationale Agrarentwicklung, 1993.

HENFLING, J.W. **El tizon tardio de la papa: *Phytophthora infestans*.** 2 ed. Centro Internacional de la Papa, Lima, 1987.

HYRE, R.A. Progress in forecasting Late Blight of potato and tomato. **Plant Disease Reporter**, 1954, vol.38, p.245-253.

HODGES, T. **Predicting crop phenology.** Boca Raton : CRC, 1991. 233p.

JAMES, W. C. An illustrated series of assessment keys for plant diseases. Their preparation and usage. **Canadian Plant Disease Survey**, v.51, n.2, p.39-65, 1971.

IBGE. **Banco de Dados Agregados – SIDRA.** Disponível em <http://www.ibge.gov.br>, (Acesso em outubro de 2006).

KAMOUN, S., E.; HUITEMA, V.G.A.A. Vleeshouwers 1999. Resistance to oomycetes: a general role for the hypersensitive response? **Trends in Plant Science**, 1999, vol.4, n.5, p.196-200.

KIMATI, H. et al. **Manual de fitopatologia.** Volume 2: doenças das plantas cultivadas. 3. ed. São Paulo: Ceres, 1997. 774 p.

KRAUSE, R. A. et. BLITECAST: a computerized forecast of potato Late Blight. **Plant Disease Reporter**, v.59, p.95-98, 1975.

LOPES, C.A. & SANTOS, J.R.M. **Doenças do tomateiro.** Brasília: EMBRAPA/CNPQ, 1994.

LOVATO, C. Influência do ambiente no desenvolvimento da planta de batata. **Revista Batata Show.** v. 5, n.11, 2005.

LUZ, E. D. M. N. et al. **Doenças causadas por *Phytophthora infestans* no Brasil.** 1 ed. Campinas: Rural, 2001, v.1 757p.

MARTINI, L. C. P. **Efeito da irrigação e do método de plantio na produção e qualidade da batata (*Solanum tuberosum* L.)**. 1990, 62p. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 1990.

MAPA - Normais Climáticas do Ministério da Agricultura - Instituto Nacional de Meteorologia –INMET, 1992.

MENEZES, C. B. de et al. Avaliação de genótipos de batata (*Solanum tuberosum* L.) nas safras “das águas” e de inverno no sul de Minas Gerais. **Ciência. e agrotecnologia.**, Lavras, v.23, n.4, p.776-783, 1999.

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. 46p., 1961.

NORTHCOTE, E. N. F. Fungicides: History, present, and future of fungicides used for Late Blight control. Pages In: Cochabamba, 2001. **Proceedings...** Cochabamba, 2001, p. 67-76.

NUNES FLECHA, P. A. **Sensibilidade das culturas da batata (*Solanum tuberosum* L) e da alface (*Lactuca sativa* L) ao excesso de água no solo**. 2004. 68p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2004.

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

PEREIRA et al. Consumo d'água e coeficiente de cultura da batata (*solanum tuberosum* L. cv. itararé) em plantio de inverno no município de botucatu-SP. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 3, p. 59-62, 1995.

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

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

ROSS, H. **Potato Breeding** - Problems and Perspectives. Verlag Paul Parey, Berlin and Hamburg, 1986, 132 p.

ROYLE, D.J. & SHAW, M.W. The costs and benefits of disease forecasting in farming practice. In: Clifford, B.C.; Lester, E. (Eds.). **Control of plant disease: costs and benefits**. Blackwell, Oxford. 1988, p. 231-246.

SANTOS, F. R. & CARLESSO, C. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, DEAg/UFPB, v.2, n.3, p.287-294, 1998

SOUZA, DA S. S. Ecofisiologia. In: PEREIRA, S. A.; DANIELS, J. (Eds). **O cultivo da batata na região sul do Brasil**. Embrapa, 2003. p.80-104.

STRECK, L. **Determinação e estimativa da duração do período de molhamento em cultivos de batata**. 2006, 107f. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2006.

SUASSUNA, N. D. et al. Aggressiveness and host specificity of Brazilian isolates of *Phytophthora infestans*. **Plant Pathology** n.53, p.405 –413, 2004.

TAIZ, L. & ZIEGER, E. **Plant physiology**. California: The Benjamin/Cummings PublishingCo., 1998. 559p.

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

VIEIRA, R. F. Introdução à quimigação. In.: COSTA, E. F.; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. **Quimigação: Aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação**. Brasília. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo/ EMBRAPA. 1994. 315p.

WAGGONER, P. E. et al. Defoliation, disease, and growth. **Phytopathology**, n.77, p.393-398, 1987.

WALLIN, J.R. Summary of recent progress in predicting Late Blight epidemics in United States and Canada. **American Potato Journal**. v.39, p.306-312. 1962.

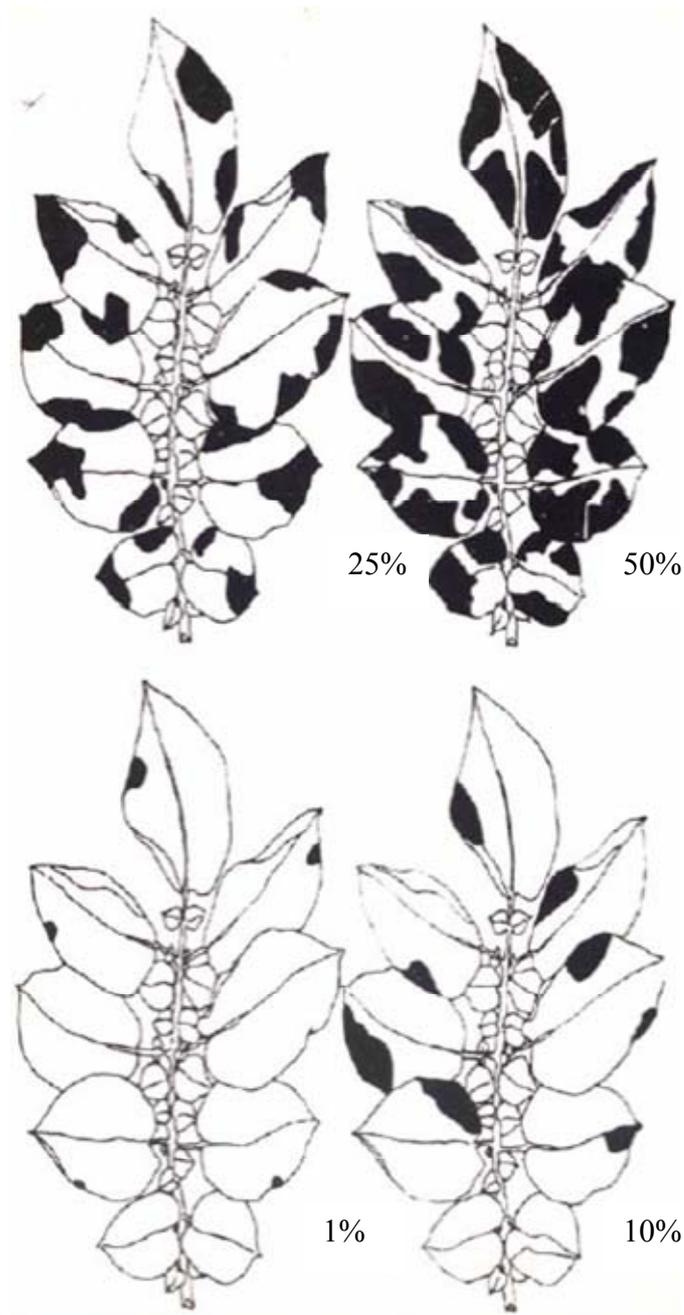
ZAMBOLIM, L. Requeima é devastadora. DBO Agrotecnologia. p.8-13  
<[http://www.portaldbo.com.br/agrotecnologia/imagens/pdfs/mat\\_1193.pdf](http://www.portaldbo.com.br/agrotecnologia/imagens/pdfs/mat_1193.pdf)> (Acesso em 15/08/06).

ZAMBOLIM, L. et al. Doenças causadas por fungos em batata. In: \_\_\_\_\_ (Eds). **Controle de doenças de plantas**. Hortaliças-Vol. 1. Visconde do Rio Branco, Suprema, 2000, p.173-207.

ZAMBOLIM, L. et al. **Controle integrado das doenças das hortaliças**. Viçosa: UFV, 1997. 122p.

ZAMBOLIM, L. et al. Emprego da Calda Viçosa na cultura do tomateiro (*L. esculentum*) para o controle de doenças da parte aérea. Viçosa: UFV, (**Informe técnico**), 66, 1990.

ANEXO 1 Escala diagramática utilizada para avaliar a severidade da requeima, causada por *Phytophthora infestans* em plantas de batata (JAMES, 1971).



ANEXO 2 Tabela com as temperaturas médias noturnas (das 21:00 h às 6:00 h) em experimentos de batata, cv. Asterix, na primavera de 2005. Santa Maria, 2006.

DATA	Temperatura (°C)	DATA	Temperatura (°C)	DATA	Temperatura (°C)
21/11/2005	20,04	22/12/2005	24,60	22/1/2006	21,78
22/11/2005	22,46	23/12/2005	19,00	23/1/2006	20,97
23/11/2005	22,15	24/12/2005	17,27	24/1/2006	22,71
24/11/2005	15,18	25/12/2005	15,17	25/1/2006	21,23
25/11/2005	15,39	26/12/2005	17,41	26/1/2006	19,62
26/11/2005	17,98	27/12/2005	19,81	27/1/2006	21,01
27/11/2005	20,31	28/12/2005	22,18	28/1/2006	21,03
28/11/2005	19,45	29/12/2005	20,21	29/1/2006	21,24
29/11/2005	22,74	30/12/2005	24,17	30/1/2006	22,41
30/11/2005	21,12	31/12/2005	19,66	31/1/2006	19,83
1/12/2005	16,76	1/1/2006	21,74	1/2/2006	21,21
2/12/2005	15,53	2/1/2006	21,14	2/2/2006	22,36
3/12/2005	22,73	3/1/2006	18,87	3/2/2006	23,69
4/12/2005	23,26	4/1/2006	21,45	4/2/2006	26,14
5/12/2005	19,12	5/1/2006	19,56	5/2/2006	23,94
6/12/2005	14,22	6/1/2006	19,65	6/2/2006	19,79
7/12/2005	15,62	7/1/2006	23,98	7/2/2006	18,85
8/12/2005	19,68	8/1/2006	21,76	8/2/2006	19,22
9/12/2005	19,60	9/1/2006	24,97	9/2/2006	19,64
10/12/2005	15,75	10/1/2006	24,35	10/2/2006	18,37
11/12/2005	16,42	11/1/2006	25,10	11/2/2006	18,36
12/12/2005	18,73	12/1/2006	23,18	12/2/2006	20,41
13/12/2005	19,12	13/1/2006	22,16	13/2/2006	20,88
14/12/2005	19,79	14/1/2006	25,74	14/2/2006	20,21
15/12/2005	21,21	15/1/2006	26,13	15/2/2006	22,25
16/12/2005	21,31	16/1/2006	20,99	16/2/2006	19,28
17/12/2005	20,73	17/1/2006	17,96	17/2/2006	22,04
18/12/2005	20,84	18/1/2006	18,99	18/2/2006	22,33
19/12/2005	18,61	19/1/2006	20,40	19/2/2006	22,09
20/12/2005	18,16	20/1/2006	24,34	20/2/2006	19,73
21/12/2005	19,55	21/1/2006	22,03	21/2/2006	19,73