

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

**SOMA TÉRMICA NA BROTAÇÃO E QUALIDADE DE
TUBÉRCULOS DE BATATA**

TESE DE DOUTORADO

Douglas Renato Müller

Santa Maria, RS, Brasil

2011

PPGA/UFSM, MÜLLER, Douglas Renato

Doutor

2011

SOMA TÉRMICA NA BROTAÇÃO E QUALIDADE DE TUBÉRCULOS DE BATATA

Douglas Renato Müller

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Agronomia.**

Orientador: Prof. Dilson Antônio Bisognin, PhD.

Santa Maria, RS, Brasil

2011

M958s Müller, Douglas Renato,
Soma térmica na brotação e qualidade de tubérculos de batata /
por Douglas Renato Müller. – 2011.
83 f. : Il. ; 31cm.

Orientador: Dilson Antônio Bisognin.
Tese (doutorado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro
de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, RS,
2011.

1. Cultivo de batata 2. *Solanum tuberosum* L. 3. Massa seca
4. Açúcares redutores 5. Amido 6. Dormência 7. Características
agronômicas 8. Características nutricionais I. Bisognin, Dilson
Antônio II. Título

CDU 635.21

Ficha catalográfica elaborada por Simone G. Maisonave – CRB 10/1733
Biblioteca Central da UFSM

© 2011

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

Endereço: Rua Rio de Janeiro, n.314, Bairro Itapajé, Frederico Westphalen, RS, 98400-000
Fone: (0xx)55 37448905; E-mail: douglas@caf.w.ufsm.br

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Agronomia**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Tese de Doutorado

**SOMA TÉRMICA NA BROTAÇÃO E QUALIDADE DE TUBÉRCULOS
DE BATATA**

elaborada por
Douglas Renato Müller

como requisito parcial para obtenção do grau de
Doutor em Agronomia

COMISSÃO EXAMINADORA:

Dilson Antônio Bisognin, PhD. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Arione da Silva Pereira, PhD. (EMBRAPA – CPACT)

Lizete Augustin, Dr. (UPF)

Nereu Augusto Streck, PhD. (UFSM)

Auri Brackmann, PhD. (UFSM)

Santa Maria, 26 de agosto de 2011

A Deus, a minha esposa Franciele, ao meu filho
Augusto e aos meus pais Martin e Lorena,

Dedico...

AGRADECIMENTOS

Ao autor da vida, Jesus Cristo, por me proporcionar mais essa conquista. A Ele toda a minha dedicação, confiança e amor;

À minha esposa Franciele, por estar ao meu lado, pela paciência, carinho e amor em todos os momentos;

Ao meu filho Augusto, que com seus quase três anos, sempre tentava me convencer, que brincar com ele era melhor do que estar trabalhando na elaboração da Tese;

Aos meus pais Martin e Lorena, meus primeiros mestres, e aos meus irmãos Christian e Raquel, pelo amor, incentivo e apoio;

Ao meu amigo, professor, orientador e colega Dilson Antônio Bisognin, que foi mais uma vez um mestre em seu sentido mais completo, pela confiança, disposição e grande contribuição para meu crescimento pessoal e intelectual;

Aos meus co-orientadores Jerônimo Luiz Andriolo e Nereu Augusto Streck, por todo auxílio suporte e incentivo na realização deste trabalho;

Aos demais professores do Departamento de Fitotecnia, que de alguma forma influenciaram na minha formação e crescimento durante estes anos;

Ao pessoal da FEPAGRO de Júlio de Castilhos e aos funcionários de campo do Departamento de Fitotecnia, pela colaboração e auxílio na condução dos experimentos;

Aos colegas e amigos de Pós-Graduação, pelo convívio e amizade;

À Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela oportunidade da realização do curso de doutorado;

Aos colegas do Colégio Agrícola de Frederico Westphalen, o meu agradecimento especial, pelo apoio e compreensão nos momentos em que me dedicava na conclusão dessa importante etapa em minha vida; e,

A todos que, de alguma forma, contribuíram para que essa tese pudesse ser apresentada, meu muito obrigado!

RESUMO

Tese de Doutorado
Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Universidade Federal de Santa Maria

SOMA TÉRMICA NA BROTAÇÃO E QUALIDADE DE TUBÉRCULOS DE BATATA

AUTOR: DOUGLAS RENATO MÜLLER

ORIENTADOR: DILSON ANTÔNIO BISOGNIN

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 26 de agosto de 2011.

As condições ambientais a que as plantas de batata estão submetidas, durante o seu ciclo de desenvolvimento, afetam a brotação e a qualidade dos tubérculos. Apesar das diferentes condições ambientais entre cultivos e locais, a temperatura tem sido amplamente utilizada como referencial para a estimativa do desenvolvimento vegetal, afetando, no caso da batata, tanto no período de desenvolvimento dos tubérculos, como no pós colheita. Os objetivos deste trabalho foram avaliar o efeito da soma térmica acumulada em diferentes fases do ciclo de desenvolvimento de clones de batata, na brotação e na qualidade de processamento dos tubérculos, para as condições de cultivo de primavera e outono, da região central do Rio Grande do Sul, em diferentes locais, temperaturas de armazenamento e tamanho de tubérculo. Foi determinada a emergência (EM), o início da tuberização (IT) e da senescência (IS) de quatro clones de batata (SMIJ461-1, SMINIA793101-3, SMINIA97145-2 e Macaca) produzidos a campo em Santa Maria e Júlio de Castilhos, durante os cultivos de primavera e outono e calculada a soma térmica acumulada (STa) em cada fase. Os tubérculos foram armazenados a 10 e 20°C e avaliada a brotação e a qualidade de processamento ao 0, 30, 60 e 90 dias após o período de cura. A avaliação da brotação foi realizada a partir da porcentagem de tubérculos brotados e do número de brotos por tubérculo, sendo ainda avaliado o período de dormência e de dominância apical de diferentes tamanhos de tubérculo. A qualidade de processamento foi avaliada a partir das determinações de açúcares redutores, massa seca, amido e porcentagem de perda de massa fresca. As condições ambientais na primavera e em Júlio de Castilhos favoreceram maior acúmulo térmico, porcentagem e número de brotos por tubérculo, porcentagem de perda de massa fresca, teores de amido e massa seca e menores teores de açúcares redutores comparados com aqueles produzidos em outras condições. Apesar das diferenças de condições ambientais de épocas e locais de cultivo, que afetaram a maturidade e a idade fisiológica dos tubérculos, a soma térmica acumulada nas fases EM-IS ou IT-IS pode ser utilizada como indicativo da brotação e dos teores de amido e de açúcares redutores. No entanto, a maturidade e a idade fisiológica alcançada pelos tubérculos é também correlacionada com o tamanho, uma vez que aqueles com menor diâmetro inferior a 35mm apresentaram maior período de dormência e de dominância apical, quando comparado aqueles com menor diâmetro superior a 35mm.

Palavras-chaves: *Solanum tuberosum* L.. Massa seca. Açúcares redutores. Amido. Dormência.

ABSTRACT

Doctoral Thesis
Graduate Program of Agronomy
Federal University of Santa Maria, RS, Brazil

THERMAL SUM ON SPROUTING AND QUALITY OF POTATO TUBERS

AUTHOR: DOUGLAS RENATO MÜLLER

ADVISOR: DILSON ANTÔNIO BISOGNIN

Date and Place of Defense: Santa Maria, August 26th, 2011.

Tuber quality and sprouting are affected by the environmental conditions that the potato plants are subjected to during their developmental cycle. Despite the different environmental conditions between seasons and places, the thermal sum has been used to simulate plant developmental stages. In the case of potato, plant development also affects tuber maturity and post harvest behavior during storage. The objectives of this work were to evaluate the effect of accumulated thermal sum at different developmental phases of potato clones on sprouting and processing quality of tubers, for spring and autumn growing conditions, on central region of Rio Grande do Sul (state of Brazil), in different locations, storage temperature and size of tuber. We evaluated the emergency (EM), the tuber initiation (IT) and the onset of senescence (IS) of four potato clones (SMIJ461-1, SMINIA793101-3, SMINIA97145-2 and Macaca) produced in Santa Maria and Júlio de Castilhos during the spring and autumn seasons. We calculated the accumulated thermal sum (STa) for each phase. The tubers were stored at 10 and 20°C and evaluated for sprouting and processing quality at 0, 30, 60 and 90 days after the curing period. The percentage of sprouted tubers and the number of sprouts per tuber were assessed to evaluate dormancy and apical dominance of different sized tubers. The processing quality was assessed as the content of reducing sugars, dry matter, and starch and the percentage of fresh weight losses. The environmental conditions of spring and Júlio de Castilhos resulted in greater accumulation of STa, higher percentage of sprouted tubers, number of sprouts per tuber, percentage of fresh weight losses, dry mass and starch contents and lower content of reducing sugars than tubers produced in other environmental conditions. Despite the different environmental conditions of seasons and places that affected tuber maturity and physiological age, the accumulated thermal sum of the phases EM-IS or IT-IS can be used as indicative of sprouting and the starch and reducing sugars content. However, the physiological age and maturity at tuber harvesting is also correlated with tuber size, since tubers with diameter smaller than 35mm showed higher dormancy and apical dominance period, when compared to those with diameter larger than 35mm.

Key words: *Solanum tuberosum* L.. Dry weight. Reducing sugars. Starch. Dormancy.

LISTA DE FIGURAS

MATERIAL E MÉTODOS

- FIGURA 1 – Temperatura média diária do ar e fotoperíodo durante os cultivos de batata na primavera (2006) e no outono (2007) em Santa Maria e Júlio de Castilhos, RS 33
- FIGURA 2 – Representação esquemática dos três métodos de cálculo da soma térmica. 36

RESULTADOS E DISCUSSÃO

- FIGURA 3 – Relação entre a área abaixo da curva de progressão (AACP), da porcentagem de tubérculos brotados (%TB) e do número de brotos por tubérculo (NB/T), com a duração das fases de desenvolvimento de clones de batata, produzidos na primavera e no outono, em Santa Maria e Júlio de Castilhos. 46
- FIGURA 4 – Relação entre a área abaixo da curva de progressão (AACP), da massa seca e de açúcares redutores, com a duração das fases de desenvolvimento de clones de batata, produzidos na primavera e no outono, em Santa Maria e Júlio de Castilhos..... 55
- FIGURA 5 – Relação entre a área abaixo da curva de progressão (AACP), de amido e da porcentagem de perda de massa fresca (%PMF), com a duração das fases de desenvolvimento de clones de batata, produzidos na primavera e no outono, em Santa Maria e Júlio de Castilhos. 56

LISTA DE TABELAS

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

TABELA 1 – Escala fenológica da batata	18
--	----

RESULTADOS E DISCUSSÃO

TABELA 2 – Datas do início dos estádios de emergência (EM), início da tuberização (IT), início da senescência (IS) e duração (em dias) das fases EM-IT, IT-IS e EM-IS de clones de batata, nos cultivos de primavera e outono em Santa Maria e Júlio de Castilhos, RS.....	39
TABELA 3 – Somas térmicas acumuladas (STa) das fases emergência (EM) – início de tuberização (IT), IT – início da senescência (IS) e EM-IS de clones de batata, nos cultivos de primavera e outono em Santa Maria e Júlio de Castilhos, RS.....	40
TABELA 4 – Áreas abaixo da curva de progressão da porcentagem de tubérculos brotados (%TB) e do número de brotos por tubérculo (NB/T) de clones de batata produzidos na primavera e no outono, em Santa Maria e Júlio de Castilhos, RS, armazenados a 10 e 20°C por 90 dias.	44
TABELA 5 – Coeficientes de correlação de Pearson e probabilidade ou valor-p (entre parênteses), para valores médios de soma térmica acumulada (STa), da emergência (EM) ao início da tuberização (IT), do IT ao início da senescência (IS) e da EM-IS, da área abaixo da curva de progressão da porcentagem de tubérculos brotados (%TB) e do número de brotos por tubérculo (NB/T) de clones de batata	45
TABELA 6 – Áreas abaixo da curva de progressão do teor de massa seca (MS), açúcares redutores (AR) e amido (AM), e da porcentagem de perda de massa fresca (%PMF) de clones de batata produzidos na primavera, em Santa Maria e Júlio de Castilhos, RS, armazenados a 10 e 20°C por 90 dias	52
TABELA 7 – Áreas abaixo da curva de progressão do teor de massa seca (MS), açúcares redutores (AR) e amido (AM), e a porcentagem de perda de massa fresca (%PMF) de clones de batata produzidos no outono, em Santa Maria e Júlio de Castilhos, RS, armazenados a 10 e 20°C por 90 dias	53
TABELA 8 – Coeficientes de correlação de Pearson e probabilidade ou valor-p (entre parênteses), para valores médios de soma térmica acumulada (STa), da emergência (EM) ao início da tuberização (IT), do IT ao início da senescência (IS) e da EM-IS, da área	

abaixo da curva de progressão dos teores de massa seca (MS), açúcares redutores (AR) e amido (AM), e da porcentagem de perda de massa fresca (%PMF) de clones de batata	54
TABELA 9 – Soma térmica acumulada (STa) pelos métodos 1, 2 e 3, das fases emergência (EM) – início de tuberização (IT), IT – início da senescência (IS) e EM-IS de clones de batata no cultivo de primavera, em Santa Maria e Júlio de Castilhos, RS.....	60
TABELA 10 – Soma térmica acumulada (STa) pelos métodos 1, 2 e 3, das fases emergência (EM) – início de tuberização (IT), IT – início da senescência (IS) e EM-IS de clones de batata no cultivo de outono, em Santa Maria e Júlio de Castilhos, RS.	61
TABELA 11 – Coeficientes de correlação de Pearson e probabilidade ou valor-p (entre parênteses), para valores médios de soma térmica acumulada (STa) pelos métodos 1, 2 e 3, da emergência (EM) ao início da tuberização (IT), do IT ao início da senescência (IS) e da EM-IS, da área abaixo da curva de progressão da porcentagem de tubérculos brotados (%TB) e do número de brotos por tubérculo (NB/T) de clones de batata.	62
TABELA 12 – Coeficientes de correlação de Pearson e probabilidade ou valor-p (entre parênteses), para valores médios de soma térmica acumulada (STa) pelos métodos 1, 2 e 3, da emergência (EM) ao início da tuberização (IT), do IT ao início da senescência (IS) e da EM-IS, da área abaixo da curva de progressão dos teores de massa seca (MS), açúcares redutores (AR) e amido (AM), e da porcentagem de perda de massa fresca (%PMF) de clones de batata.....	63

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	16
2.1 Objetivos Gerais	16
2.2 Objetivos Específicos	16
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1 Ciclo de Desenvolvimento da Batata	17
3.1.1 Fase de Brotação	17
3.1.1.1 Dormência	19
3.1.1.2 Início da Brotação	21
3.1.1.3 Plena Brotação	22
3.1.1.4 Senescência	22
3.1.2 Fases Vegetativa, de Tuberização e de Senescência	23
3.1.2.1 Emergência – Início da Tuberização	23
3.1.2.2 Início da Tuberização – Início da Senescência	25
3.1.2.3 Início da Senescência – Colheita	26
3.2 Qualidade para Processamento Industrial	26
3.2.1 Massa Seca e Amido	27
3.2.3 Açúcares Redutores	29
3.3 Soma Térmica	30
4. MATERIAL E MÉTODOS	32
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
5.1 Condições de Produção dos Tubérculos	37
5.2 Brotação dos Tubérculos	41
5.3 Qualidade de Tubérculo	47
5.4 Métodos de Cálculo da Soma Térmica	57
ARTIGO – DORMÊNCIA E DOMINÂNCIA APICAL DE DIFERENTES TAMANHOS DE TUBÉRCULOS DE BATATA	64
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	71
7. CONCLUSÕES	75
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76

1. INTRODUÇÃO

A batata é uma planta dicotiledônea, pertencente à família *Solanaceae* (FORTES & PEREIRA, 2003), que teve como centro de origem a vizinhança do lago Titicaca, próximo à atual fronteira entre Peru e Bolívia, na América do Sul (HAWKES, 1994). Apresenta uma grande diversidade genética, em espécies silvestres e cultivadas, pertencentes ao gênero *Solanum*, e dentre as espécies cultivadas, a mais importante é a *S. tuberosum* L. (HAWKES, 1994). Na região de origem, o cultivo restringe-se basicamente à subespécie *Solanum tuberosum* L. subsp. *andigena* (Juz. & Buk.) Hawkes, adaptada a dias curtos. A adaptação a dias longos da subespécie *Solanum tuberosum* L. subsp. *tuberosum*, possibilitou o cultivo em todas as demais regiões produtoras do mundo (HAWKES, 1994).

A introdução em países europeus ocorreu por volta de 1570, onde num período de aproximadamente 300 anos, passou de uma cultura restrita a algumas regiões da América do Sul para uma das mais importantes espécies cultivadas no mundo (HAWKES, 1994). Esse processo de adaptação e disseminação para cultivos em diferentes condições ambientais, promoveu uma drástica redução de sua variabilidade genética (HELDWEIN et al., 2009), sendo as principais cultivares brasileiras selecionadas na Europa e na América do Norte, sob condições de dias longos e clima temperado (SOUZA, 2003).

A batata ocupa o quarto lugar em volume de produção mundial de alimentos (329 milhões de toneladas), sendo superada apenas pelo arroz (678 milhões de toneladas), trigo (681 milhões de toneladas) e milho (817 milhões de toneladas) (FAO, 2011). No Brasil seu cultivo foi intensificado a partir da década de 20, sendo hoje considerada a hortaliça cultivada mais importante, produzidas anualmente cerca de 3,44 milhões de toneladas, em uma área de aproximadamente 138,8 mil ha. As principais regiões produtoras são a região Sudeste, com 1,83 milhões de toneladas, e a região Sul, com 1,07 milhões de toneladas produzidas. Entre os principais Estados produtores estão Minas Gerais, São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul, os quais correspondem a mais de 78% da produção nacional (IBGE, 2011). Apesar da cadeia produtiva da batata envolver, na região Sul, considerável volume de recursos e mão-de-obra (PEREIRA & DANIELS, 2003), o rendimento nessa região, de 18,5t ha⁻¹, é inferior a média nacional, de 24,8t ha⁻¹ (IBGE, 2011).

No Rio Grande do Sul, apesar de ter ocorrido uma diminuição na área colhida de batata, essa vem mantendo-se em torno de 23.950ha nos últimos seis anos. Apesar disso,

houve um incremento no rendimento médio, que passou de 9,4t ha⁻¹ em 1999, para 16,4t ha⁻¹ em 2009 (SAA, 2011). Atualmente, os principais municípios produtores de batata estão concentrados nas microrregiões de Vacaria (São Francisco de Paula (3.800ha), São José dos Ausentes (2.000ha), Bom Jesus (1.500ha), Muitos Capões (400ha), Vacaria (380ha), Lagoa Vermelha (370ha)), de Pelotas (São Lourenço do Sul (1.300ha), Canguçu (1.000ha)), de Passo Fundo (Ibiraiaras (900ha) e de Restinga Seca (360ha), os quais correspondem a mais de 50% da área plantada com batata no Rio Grande do Sul, com um rendimento médio de 22,7t ha⁻¹ (SAA, 2011).

Considerando as diferentes regiões do Brasil, é possível colher batata, praticamente durante todos os meses do ano. Nas regiões de altitude de clima tropical, são recomendadas as épocas de plantio conhecidas como safra das secas, de janeiro a março; de inverno, de abril a julho; e das águas, de agosto a dezembro (FILGUEIRA, 2008; BISOGNIN & STRECK, 2009; HELDWEIN et al., 2009). Para as regiões de clima subtropical, a altitude do local de cultivo, determina a recomendação de uma ou duas safras anuais. Locais de altitudes inferiores a 600m, o plantio é recomendado nos meses de janeiro a março para o cultivo de outono, e de julho a setembro para o cultivo de primavera. Locais com altitudes superiores a 600m é recomendado apenas um cultivo anual, com plantio nos meses de outubro a dezembro (BISOGNIN & STRECK, 2009; HELDWEIN et al., 2009).

Na região central do Rio Grande do Sul, a batata é cultivada em duas épocas do ano. O cultivo de primavera, ou “plantio de safra”, é recomendado em julho e agosto, enquanto que o de outono, ou “plantio de safrinha”, em fevereiro e março (BISOGNIN, 1996). Cultivos realizados fora das épocas recomendadas têm as fases posteriores ao início da tuberação diminuídos devido às altas temperaturas, o que pode causar redução no número e peso médio dos tubérculos por planta, afetando o rendimento final (PAULA et al., 2005).

O cultivo de primavera é caracterizado por apresentar temperatura, fotoperíodo e disponibilidade de radiação solar crescentes, enquanto o cultivo de outono, temperatura, fotoperíodo e disponibilidade de radiação solar decrescentes. No entanto, devido à inércia térmica da superfície do globo terrestre, para idênticos fluxos de radiação solar incidente ocorrendo na primavera e no outono, as temperaturas são mais elevadas no outono (ANDRIOLO, 1999). Essas condições ambientais, proporcionam maior duração do ciclo de desenvolvimento para a batata cultivada na primavera (BISOGNIN et al., 2008b), onde também são esperados os maiores rendimentos. A maior duração do ciclo de desenvolvimento proporciona uma maior duração da área foliar e, conseqüentemente da fotossíntese, garantindo uma maior produção de fotoassimilados aos tubérculos (PAULA et al., 2005;

SILVA et al., 2009). As distintas condições ambientais dos cultivos realizados no Rio Grande do Sul afetam o metabolismo da planta, por modificar a assimilação e partição de carboidratos, o que resulta em tubérculos que diferem na idade fisiológica e na qualidade de processamento (FREITAS et al., 2006).

No desenvolvimento da batata, a tuberização é um processo complexo que envolve a diferenciação dos estolões em órgãos de reserva, que são os tubérculos. Neste momento, a relação fonte-dreno da planta de batata inverte-se, sendo os tubérculos o principal dreno e não mais o desenvolvimento e crescimento foliar (HELDWEIN et al., 2009). O início da tuberização (IT) da batata é influenciado principalmente pela temperatura do ar e pelo fotoperíodo (BEUKEMA & Van Der ZAAG, 1990; STRECK et al., 2007; BISOGNIN et al., 2008b), sendo a batata uma planta de dia curto para o IT (STRECK et al., 2007).

O efeito do fotoperíodo é relativamente bem conhecido em batata. Dias curtos antecipam o IT, com estolões mais curtos e parte aérea menos desenvolvida, enquanto em condições de dia longo o IT é tardio, com estolões longos e parte aérea mais abundante (BEUKEMA & Van Der ZAAG, 1990). Embora o fotoperíodo seja um fator responsável pela determinação do IT, temperaturas noturnas baixas estimulam o IT da batata (MINHAS et al., 2004/5). Para a produção de tubérculos, temperaturas noturnas menores que 17°C e diurnas entre 23 e 25°C são as mais favoráveis (HELDWEIN et al., 2009). Temperaturas elevadas estimulam o crescimento da parte aérea, em detrimento dos tubérculos (BEUKEMA & Van Der ZAAG, 1990).

Após a colheita, a temperatura de armazenamento é o principal fator responsável pelo avanço da idade fisiológica dos tubérculos (WIERSEMA, 1985; CALDIZ, 2009). Esse avanço compreende os estádios de dormência (ausência de brotos), dominância apical (apenas um broto), plena brotação (vários brotos laterais) e senescência (ramificação intensa dos brotos) (WIERSEMA, 1985; STRUIK, 2007; BISOGNIN et al., 2008a). No entanto, a velocidade de avanço pelos diferentes estádios é muito dependente da cultivar (STRUIK, 2007) e das condições ambientais durante o período de cultivo e armazenamento (WIERSEMA, 1985; STRUIK et al., 2006; BISOGNIN et al., 2008a; HELDWEIN et al., 2009).

Os tubérculos de uma mesma cova diferem quanto ao tamanho, pois sua diferenciação nos estolões ocorre em uma escala de tempo, o que pode afetar a idade fisiológica e a dormência dos tubérculos. Tubérculos pequenos e imaturos apresentam maior período de dormência do que tubérculos grandes e com idade fisiológica avançada (BEUKEMA & van der ZAAG, 1990; ITTERSUM et al., 1993; PÓGI & BRINHOLI, 1995). A extensão de como

a idade fisiológica dos tubérculos afeta o armazenamento depende da cultivar (DRISKILL Jr. et al., 2007), mas a época de cultivo de primavera e outono podem superar diferenças genéticas (BISOGNIN et al., 2008a).

Nas condições da região central do Rio Grande do Sul, em que são realizados dois cultivos anuais de batata, curta dormência é um caracter imprescindível, devido ao curto intervalo de tempo entre os cultivos. No entanto, quando os tubérculos são destinados ao consumo *in natura* ou para o processamento industrial, a quebra da dormência resulta em perdas significativas de massa fresca, além de afetar os parâmetros de qualidade dos tubérculos (BISOGNIN et al., 2008a), sendo ainda o manejo pós-colheita distinto para tubérculos oriundos do cultivo de primavera ou de outono (BISOGNIN et al., 2008a).

Entre os parâmetros que influenciam a qualidade de tubérculos para a industrialização, os teores de massa seca e açúcares redutores estão associados ao rendimento e a qualidade do produto processado, por determinar a absorção de gordura durante a fritura, a textura e o sabor do produto final (SILVA, 1991; CAPEZIO et al., 1992/93; FELTRAN et al., 2004). Batatas destinadas ao processamento na forma de “chips” devem apresentar teores de massa seca superiores a 20%, para que se tenha uma boa qualidade do produto processado (BRODY, 1969), sendo o amido a principal fonte de reserva, correspondendo por 60 a 80% da massa seca. No entanto, apesar da importância do teor de massa seca, são os teores de açúcares redutores os principais responsáveis pela qualidade final do produto processado na forma de chips.

Os açúcares servem como substrato para a Reação de Maillard, resultando em “chips” de cor escura e gosto amargo (COELHO et al., 1999; BLENKINSOP et al., 2002). Embora possua um componente genético elevado, baixas temperaturas de armazenamento estimulam o acúmulo de açúcares redutores (HERTOG et al., 1997; FONTES & FINGER, 2000; ZORZELLA et al., 2003a), que ainda é afetado pela idade fisiológica do tubérculo e pelas condições de cultivo (HERTOG et al., 1997). O adoçamento induzido pelo frio é um processo que pode ser reversível, podendo ocorrer mesmo antes do armazenamento, enquanto que o adoçamento senescente ocorre somente após a brotação dos tubérculos, para suprir a necessidade de energia para o crescimento dos brotos (HERTOG et al., 1997). Algumas cultivares são sensíveis e outras são tolerantes as baixas temperaturas e, assim, não acumulam açúcares redutores (BLENKINSOP et al., 2002).

Embora os tubérculos de batata quando expostos a baixas temperaturas, tenderem a um maior acúmulo de açúcares redutores (FONTES & FINGER, 2000; ZORZELLA et al., 2003a), o armazenamento refrigerado é um dos meios mais eficazes para a manutenção da

qualidade, por reduzir a atividade respiratória, retardar a atividade metabólica e inibir o crescimento microbiano, que conduzem ao amadurecimento e/ou senescência dos tecidos vegetais (CHITARRA & CHITARRA, 2005). No caso da batata, a redução da temperatura de armazenamento prolonga o período de dormência, além de diminuir as perdas, principalmente de massa fresca.

A indicação de novas cultivares para as condições de cultivo da região central do Rio Grande do Sul, em que são realizados dois cultivos anuais (BISOGNIN, 1996), implica na adaptação destas a condições distintas de fotoperíodo e temperatura do ar, sendo necessário ainda apresentarem um curto período de dormência. Nesse contexto, o método da soma térmica, que se baseia na premissa de que as plantas necessitam de um somatório térmico para completarem cada fase de desenvolvimento (PAULA et al., 2005; TRENTIN et al., 2008), pode ser uma ferramenta para inferir sobre a brotação e qualidade dos tubérculos de batata e assim facilitar o manejo pós-colheita, uma vez que em época recomendada de cultivo, as temperaturas geralmente se enquadram na faixa de resposta linear de desenvolvimento e, nesse caso, a soma térmica representa, de forma realística, o efeito da temperatura sobre o desenvolvimento das plantas (PAULA et al., 2005).

Tanto para fins científicos quanto práticos, um bom indicador da idade fisiológica seria muito útil (STRUİK et al., 2006), uma vez que esta tem influência direta no potencial produtivo do tubérculo semente (STRUİK, 2007) e na qualidade dos tubérculos destinados ao processamento (BISOGNIN et al., 2008a). Trabalhos existentes propõem a estimativa de fases do ciclo de desenvolvimento da batata (PAULA et al., 2005), porém nenhum trabalho foi encontrado, buscando, por meio da soma térmica, inferir sobre o estágio fisiológico dos tubérculos, ou a possibilidade de estimar a brotação e a qualidade dos mesmos. Além disso, o tamanho dos tubérculos também deve ser considerado, tanto para o armazenamento, quanto para o plantio da batata semente, uma vez que tubérculos de diferentes tamanhos apresentam diferente período de dormência e idade fisiológica.

2. OBJETIVOS

2.1 – Objetivos Gerais

Os objetivos deste trabalho foram avaliar o efeito da soma térmica acumulada em diferentes fases do ciclo de desenvolvimento de clones de batata, na brotação e na qualidade de processamento dos tubérculos, para as condições de cultivo de primavera e outono da região central do Rio Grande do Sul, em diferentes locais, temperaturas de armazenamento e tamanho de tubérculo.

2.2 – Objetivos Específicos

- Determinar a soma térmica das diferentes fases de desenvolvimento das plantas de batata para inferir sobre a sua relação com a brotação dos tubérculos produzidos e armazenados em diferentes condições;
- Determinar a soma térmica das diferentes fases de desenvolvimento das plantas de batata, para inferir sobre a sua relação com a qualidade de processamento industrial de tubérculos produzidos e armazenados em diferentes condições;
- Determinar o método de cálculo da soma térmica que melhor se ajuste aos dados de brotação e qualidade;
- Avaliar o período de dormência e de dominância apical de diferentes tamanhos de tubérculos, de três clones de batata produzidos no outono, e submetidos a duas temperaturas de armazenamento.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Ciclo de Desenvolvimento da Batata

O ciclo de desenvolvimento de uma cultura pode ser descrito e representado por escalas fenológicas ou de desenvolvimento. Estas são importantes ferramentas, para o estudo e compreensão de determinada cultura, bem como na indicação das práticas de manejo.

Para a cultura da batata, estão disponíveis várias escalas fenológicas (BÄTZ et al., 1980; MEIER, 2001), que descrevem com precisão e detalhamento todos os seus estádios de desenvolvimento. Baseado nessas escalas, HELDWEIN et al. (2009) apresentaram uma escala fenológica, com ênfase aos estádios facilmente identificáveis (Tabela 1), cujos critérios foram adotados durante a realização deste trabalho.

3.1.1 Fase de Brotação

A batata, por ser propagada vegetativamente por meio de tubérculos semente, nunca se encontra em repouso absoluto, como é o caso das sementes botânicas, sofrendo uma série de modificações bioquímicas desde o início da tuberização até o início da brotação. Assim, um dos fatores de produção mais importantes para a cultura, é o estado fisiológico dos tubérculos semente e o correspondente desenvolvimento da brotação no plantio (SILVA et al., 2004), que nas condições brasileiras devem promover rápida emergência das plantas, para alcançar o máximo crescimento vegetativo, no menor período de tempo, em virtude do ciclo da cultura ser bastante curto. Tanto a produção quanto o armazenamento em temperaturas mais elevadas, aceleram o envelhecimento fisiológico dos tubérculos de batata (BISOGNIN et al., 2008a).

A idade fisiológica pode ser considerada como o estado fisiológico de um tubérculo semente em qualquer tempo, determinado pelo genótipo, pela idade cronológica e pelas condições ambientais do início da tuberização até a emergência de novas plantas (CALDIZ, 2009). Diferentes caracteres têm sido propostos como indicadores da idade fisiológica do tubérculo, incluindo caracteres morfológicos, fisiológicos, (bio) químicos, moleculares e biofísicos (CALDIZ et al., 2001; CALDIZ, 2009). Tais indicadores são necessários para quantificar e explicar as diferenças na taxa de envelhecimento, de tubérculos oriundos de diferentes cultivares, condições de cultivo e armazenamento, e para quantificar e modelar os

efeitos da idade das sementes sobre o crescimento e a produtividades das plantas (STRUIK et al., 2006).

Tabela 1. Escala fenológica da batata.

Fases	Estádios	Descrição
Brotação	D	Dormência: tubérculos sem nenhum broto visível
	IB	Início da brotação: broto apical com, pelo menos, 2mm de comprimento
	PB	Plena brotação: brotos laterais com, pelo menos, 2mm de comprimento
	IR	Início da formação das raízes: raízes visíveis
Vegetativa	E	Emergência: surgimento de uma ou mais hastes acima do solo, em 50% das covas
	V ₁	Primeira folha da haste principal, com comprimento do folíolo apical maior que 1cm
	V ₂	Segunda folhas da haste principal, com comprimento do folíolo apical maior que 1cm
	V _n	Folha “n” da haste principal, com comprimento do folíolo apical maior que 1cm
Tuberização	IT	Início da tuberização: primeiro tubérculo com, pelo menos, 1cm de diâmetro
	V _F	Última folha da haste principal, com comprimento do folíolo apical maior que 1cm
	T ₉₀	Tubérculos atingiram 90% do tamanho final
Senescência	IS	Início da senescência: folhas iniciam o processo de amarelecimento
	S	Senescência: 50% das folhas amarelas
	FS	Fim da senescência: 100% das folhas amarelas
	M	Maturação: folhas e hastes secas em 50% das hastes principais
	PM	Planta morta: 100% das folhas e hastes secas

Fonte: HELDWEIN et al. (2009).

O conhecimento e manejo da idade fisiológica dos tubérculos são necessários, pois afeta componentes importantes do rendimento, como o vigor e número de hastes, número e

tamanho dos tubérculos, além da velocidade com que ocorre a emergência, início da tuberização e senescência (STRUIK et al., 2006; STRUIK, 2007). O plantio de tubérculos fisiologicamente jovens resulta em emergência, tuberização e maturação tardia, no entanto, maior crescimento da parte aérea, número de tubérculos por haste e rendimento. Já tubérculos fisiologicamente velhos, apresentam emergência, tuberização e maturidade precoces e reduzido crescimento da parte aérea, número de tubérculos por haste e rendimento (WIERSEMA, 1985; STRUIK, 2007). Assim, a idade fisiológica é um componente fundamental da qualidade dos tubérculos semente e do vigor do crescimento, sendo seus efeitos sobre o crescimento e rendimento dependentes da cultivar (CALDIZ, 2009).

Na medida em que ocorre o avanço da idade fisiológica do tubérculo, este passa por diferentes estádios, incluindo a dormência (ausência de brotos), dominância apical (apenas um broto), plena brotação (vários brotos laterais) e senescência (ramificação intensa dos brotos) (WIERSEMA, 1985; STRUIK, 2007; BISOGNIN et al., 2008a). No entanto, a velocidade de avanço pelos diferentes estádios, é muito dependente da cultivar (STRUIK, 2007) e das condições ambientais durante o período de cultivo e de armazenamento (BEUKEMA & Van der ZAAG, 1979; WIERSEMA, 1985; ITTERSUM et al., 1993; BISOGNIN et al., 2008a; HELDWEIN et al., 2009).

3.1.1.1 Dormência

A dormência pode ser definida, como o estágio fisiológico no qual o crescimento do broto não será induzido mesmo em condições ideais de crescimento (ausência de luz, 15-20°C e 90% de UR) (WIERSEMA, 1985; FONTES & FINGER, 1999, SOUZA, 2003). O mecanismo de dormência pode ser visto como uma defesa natural da espécie, uma vez que é governada por fatores específicos que regulam ou paralisam o desenvolvimento dos órgãos até que as condições sejam favoráveis (SILVA et al., 2004). É um processo influenciado pelo balanço hormonal entre promotores e inibidores do crescimento (BISOGNIN, 1996), sendo a quebra da dormência frequentemente associada à queda acentuada na razão, ácido abscísico (ABA) / ácido giberélico (GA) (TAIZ & ZEIGER, 2006).

Durante a dormência, os processos bioquímicos e fisiológicos que ocorrem, não provocam alterações morfológicas imediatas, mas são importantes para a definição do número e vigor dos brotos produzidos após a quebra da dormência (STRUIK, et al., 2006). O plantio da batata nessa fase resulta em atraso na emergência, falha e desuniformidade no estande de

plantas (HIRANO, 2003), o que dificulta os tratos culturais e reduz o rendimento em relação ao potencial da cultivar (BISOGNIN & STRECK, 2009).

O período de dormência depende da cultivar, das condições ambientais durante o crescimento e desenvolvimento dos tubérculos, do grau de maturidade dos tubérculos, de injúrias mecânicas, de doenças, de danos causados por insetos e da temperatura de armazenamento (BEUKEMA & Van Der ZAAG, 1979; SILVA et al., 2004; BISOGNIN & STRECK, 2009). Este período compreende, o início da tuberização, caracterizado pelo aparecimento do primeiro tubérculo com pelo menos um centímetro de diâmetro, até o final da dormência, caracterizado pela presença de pelo menos um broto com dois milímetros de comprimento (HELDWEIN et al., 2009). Um conceito amplamente utilizado é o de dormência pós-colheita, definido pelo período da colheita ao final da dormência (WIERSEMA, 1985). No entanto, a inferência mais aceita cientificamente para mensurar a dormência do tubérculo, é a data do início da tuberização (WIERSEMA, 1985), que na prática, é muito mais difícil de ser determinada.

Os tubérculos de uma mesma cova diferem quanto ao tamanho, pois sua diferenciação nos estolões ocorre em uma escala de tempo, o que pode afetar a idade fisiológica e a dormência dos tubérculos. Tubérculos pequenos e imaturos apresentam maior período de dormência do que tubérculos grandes e com idade fisiológica avançada (BEUKEMA & van der ZAAG, 1990; ITTERSUM et al., 1993; PÓGI & BRINHOLI, 1995). A dormência também deve ser considerada quando os tubérculos são utilizados como semente. Tubérculos grandes apresentam uma rápida emergência de um grande número de hastes e hastes mais altas do que tubérculos pequenos, o que requer o plantio em separado e em diferentes densidades (BISOGNIN ET al., 1998).

As condições e tratamentos aos quais os tubérculos são submetidos durante o período de dormência, podem acelerar ou retardar o envelhecimento fisiológico, o que se refletirá no futuro desempenho do tubérculo semente (STRUİK, et al., 2006). Assim, o controle das condições ambientais durante o armazenamento, como a umidade relativa do ar, a temperatura, a presença ou ausência de luz, é essencial para a qualidade do tubérculo semente.

Altas temperaturas de armazenamento aceleram o envelhecimento fisiológico dos tubérculos, reduzindo assim o período de dormência (BISOGNIN et al., 2008a). Para algumas variedades, no entanto, a flutuação de temperatura, ou um choque térmico com redução na temperatura de armazenamento (abaixo de 10°C) por algumas semanas, é mais efetivo na redução do período de dormência do que apenas a manutenção de temperaturas altas e constantes (WIERSEMA, 1985). Além do efeito de temperatura, a época de cultivo também

afeta o envelhecimento fisiológico dos tubérculos durante o armazenamento. Em região subtropical, tubérculos oriundos do cultivo de outono, mantiveram-se dormentes por um período de 180 dias quando armazenados a 4 e 8°C, enquanto que aqueles produzidos na primavera, apenas a temperatura de 4°C foi capaz de mantê-los dormentes pelo mesmo período de tempo. Além disso, o abaixamento da temperatura é mais eficaz na redução da atividade metabólica dos tubérculos de batata durante o período de dormência do que após o início da brotação (BISOGNIN et al., 2008a).

A quebra da dormência, no entanto, é necessária em programas de melhoramento genético, de multiplicação de tubérculos livres de patógenos ou em regiões onde a batata é cultivada em duas safras anuais (BISOGNIN et al., 1996), como é o caso das principais regiões produtoras do Rio Grande do Sul, onde o período entre a colheita e o próximo plantio é insuficiente para o rompimento natural da dormência dos tubérculos. Para tanto, diversos métodos físicos e químicos, tem apresentado boa eficiência na quebra da dormência da batata, como o abafamento, abafamento com bissulfureto de carbono ou a aplicação de ácido giberélico ou ácido 2 cloro etilfosfônico, diretamente sobre os tubérculos (BISOGNIN et al., 1996; AYUBI et al., 1999; HIRANO, 2003; SILVA et al., 2004; BENEDETTI et al., 2005).

3.1.1.2 Início da Brotação

O final do período de dormência do tubérculo é caracterizado pelo início do crescimento dos brotos. Giberelinas promovem a produção e/ou secreção de várias enzimas hidrolíticas, envolvidas na solubilização das reservas da semente, entre as quais, principalmente a α -amilase, responsável pela degradação do amido (TAIZ & ZEIGER, 2006). Em geral, ocorre inicialmente a presença de apenas um único broto, cujo estágio é comumente denominado de dominância apical. O plantio dos tubérculos nesse estágio resulta em uma baixa densidade de plantas, independente do tamanho dos tubérculos, o que reduz o rendimento (BEUKEMA & Van der ZAAG, 1979; HIRANO, 2003; BISOGNIN & STRECK, 2009).

A duração do período de dominância apical varia de acordo com a cultivar, sendo influenciada ainda pelas condições de armazenamento, ou pela remoção do broto apical (WIERSEMA, 1985). O armazenamento em baixas temperaturas (4-10°C) é mais efetivo na quebra da dominância apical, do que altas temperaturas (15-20°C) (WIERSEMA, 1985; BISOGNIN et al., 2008a; MULLER, et al., 2010), e a remoção do broto apical estimula a formação e o aparecimento de diversos brotos laterais. No entanto, a remoção do broto apical

em idade fisiológica avançada dos tubérculos, além de causar dano ao tubérculo, favorece a desidratação e a formação de brotos pouco vigorosos (WIERSEMA, 1985). A dominância apical também pode ser evitada com o emprego de ácido giberélico, que quando aplicado antes do início da brotação das gemas apicais, promove maior uniformidade de brotação e é mais eficiente na quebra da dominância apical do que tratamentos com bissulfureto de carbono (BISOGNIN et al., 1996).

3.1.1.3 Plena Brotação

Após o estágio de dominância apical ocorre o surgimento de diversos brotos laterais, o que caracteriza o estágio de plena brotação. Esse é considerado o estágio ótimo para o plantio dos tubérculos semente, pois resultará em uma emergência rápida e uniforme de várias hastes, o que favorece maiores rendimentos (WIERSEMA, 1985; HIRANO, 2003; BISOGNIN & STRECK, 2009). O armazenamento em condição de luz difusa favorece o prolongamento desse estágio, além de favorecer a formação de brotos mais curtos e vigorosos (WIERSEMA, 1985). Caso não seja realizado o plantio dos tubérculos no estágio de plena brotação, esses avançam para o estágio de senescência.

3.1.1.4 Senescência

O estágio de senescência é caracterizado pela ramificação intensa dos brotos e formação de raízes visíveis, podendo culminar na formação de pequenos tubérculos diretamente nos brotos (WIERSEMA, 1985). Na senescência, a batata semente já perdeu a capacidade de emitir brotações vigorosas, apresentando aspecto murcho, devido ao intenso consumo de carboidratos destinados ao crescimento dos brotos (SOUZA, 2003). O plantio nessa fase resulta em falhas de emergência e plantas com muitas hastes, porém pouco vigorosas (HIRANO, 2003).

Por meio do manejo da temperatura de armazenamento, pode-se retardar o aparecimento desse estágio, embora o efeito da temperatura seja muito mais eficaz durante o período de dormência (BISOGNIN et al., 2008a). Apesar das condições de armazenamento afetarem a velocidade de avanço dos tubérculos até a senescência, o manejo está ligado diretamente às condições ambientais a que esses tubérculos foram submetidos durante o cultivo. Tubérculos produzidos em épocas de cultivo com temperaturas mais elevadas

alcançam a senescência antes do que aqueles produzidos em estações frias (WIERSEMA, 1985, CALDIZ et al., 2001; BISOGNIN et al., 2008a).

O período do início da brotação até o estágio em que há a formação de pequenos tubérculos nos brotos é considerado como o período de incubação (WIERSEMA, 1985; CALDIZ, 2009), que é um bom indicativo da sensibilidade de uma cultivar as condições de armazenamento. Cultivares com um pequeno período de incubação, rapidamente chegam à senescência, requerendo assim, condições ótimas de armazenamento, enquanto que aquelas que apresentam um longo período de incubação são menos sensíveis as condições de armazenamento (WIERSEMA, 1985).

3.1.2. Fases Vegetativa, de Tuberização e de Senescência

Após a fase de brotação, o ciclo de desenvolvimento da batata pode ser dividido em três fases: a fase vegetativa, da emergência ao início da tuberização (EM-IT); a fase de tuberização, do início da tuberização ao início da senescência (IT-IS); e a fase de senescência, do início da senescência à colheita (IS-CO) (Tabela 1) (KOOMAN et al., 1996b; STRECK et al., 2007; BISOGNIN & STRECK, 2009; HELDWEIN, et al., 2009).

3.1.2.1 Emergência – Início da Tuberização

Após o plantio dos tubérculos, ocorre a formação das raízes e o crescimento dos brotos, baseado principalmente nas reservas do tubérculo mãe (SOUZA, 2003). Estes ao emergirem na superfície do solo em 50% das covas dão início ao estágio de emergência (BISOGNIN & STRECK, 2009; HELDWEIN et al., 2009), sendo, a partir desse momento, denominados de hastes. Com a emergência, ocorre o início da atividade fotossintética, que proporciona condições para o pleno estabelecimento do sistema radicular e aumento da área foliar (HELDWEIN et al., 2009). O número de hastes, no entanto, é dependente do estágio fisiológico do tubérculo semente no momento do plantio (STRUICK, et al., 2006), das condições ambientais de cultivo e do tamanho do tubérculo semente (FORTES & PEREIRA, 2003; BISOGNIN & STRECK, 2009).

A duração dessa fase é de extrema importância na definição da duração do ciclo total de desenvolvimento da batata (KOOMAN et al., 1996b), que quanto mais longa, maiores são o ciclo total da planta e o rendimento de tubérculos (SOUZA, 2003). No entanto, para as condições de cultivo do Rio Grande do Sul, as condições contrastantes de primavera e outono,

pouco afetam o desenvolvimento das plantas de batata, mas a menor disponibilidade e eficiência de utilização da radiação solar, no outono, afetam tanto a produtividade, quanto o tamanho dos tubérculos produzidos (BISOGNIN et al., 2008b). Na primavera, o período de tempo decorrido desde o plantio até o início da tuberização, é suficiente para a emissão e crescimento dos órgãos vegetativos da planta. Já no cultivo de outono, sob condições de fotoperíodo decrescente, esse período de tempo é menor e a tuberização ocorre mais precocemente, o que induz à maior competição pelos assimilados, para crescimento simultâneo dos órgãos vegetativos e dos tubérculos (DEMAGANTE & Van Der ZAAG, 1988).

Apesar de o excesso hídrico resultar em atraso e redução do número de hastes emergidas (HELDWEIN et al., 2009), os principais elementos meteorológicos que governam o desenvolvimento durante essa fase são a disponibilidade de radiação solar, a temperatura do ar e o fotoperíodo (KOOMAN et al., 1996b; BISOGNIN & STRECK, 2009; HELDWEIN et al., 2009), o que proporciona diferente duração da fase de acordo com o local, a época de cultivo e a cultivar (STRECK et al., 2007). Em geral, se aceita que existe uma interação entre fotoperíodo e temperatura, sendo observados os melhores rendimentos em regiões, ou cultivos, de fotoperíodo longo e temperaturas médias (15 a 20°C) (SOUZA, 2003). Em condições de fotoperíodo curto, as cultivares tardias são mais afetadas do que as de maturidade precoce (SOUZA, 2003), o que é consequência direta da origem dessas cultivares, selecionadas e adaptadas a regiões temperadas (KOOMAN et al., 1996a).

Altas temperaturas logo após a emergência, característico de regiões tropicais e do cultivo de outono em regiões subtropicais, resultam em menor longevidade e tamanho de folhas e hastes, quando comparado a regiões ou cultivos em condições mais frias (SOUZA, 2003; HELDWEIN et al., 2009). Altas temperaturas também encurtam a duração dessa fase (KOOMAN et al., 1996b), além do atraso na formação dos tubérculos, redução do rendimento e problemas fisiológicos (SOUZA, 2003).

O efeito do fotoperíodo é relativamente bem conhecido em batata. Dias curtos antecipam o IT (PAULA et al., 2005), com estolões mais curtos e parte aérea menos desenvolvida, sendo que em condições de dia longo o IT é tardio, com estolões longos e parte aérea mais abundante (BEUKEMA & Van Der ZAAG, 1990). As cultivares, porém, são afetadas de forma diferenciada em relação ao fotoperíodo, podendo sua sensibilidade ser estimada pelo número de folhas no início da tuberização (BISOGNIN et al., 2008b). No entanto, quando comparados tuberização e florescimento, a resposta da planta de batata ao fotoperíodo é bastante variável. Em geral, dias longos aceleram e dias curtos retardam ou

inibem o florescimento, enquanto que dias curtos aceleram e dias longos retardam o início da tuberização (KOOMAN et al., 1996b; FILGUEIRA, 2008; HELDWEIN et al., 2009), definido com a presença do primeiro tubérculo com, pelo menos, 1cm de diâmetro (HELDWEIN et al., 2009).

3.1.2.2 Início da Tuberização – Início da Senescência

No desenvolvimento da batata, a tuberização é um processo complexo que envolve a diferenciação dos estolões em órgãos de reserva, que são os tubérculos (FORTES & PEREIRA, 2003). Neste momento, a relação fonte-dreno da planta de batata inverte-se, sendo os tubérculos o principal dreno e não mais o crescimento e desenvolvimento foliar (KOOMAN et al., 1996b; HELDWEIN et al., 2009). A adubação nitrogenada e a amontoa são as práticas de manejo recomendadas para essa fase (BISOGNIN, 1996; FILGUEIRA, 2008; BISOGNIN & STRECK, 2009).

O início da tuberização (IT) da batata é influenciado principalmente pela temperatura do ar e pelo fotoperíodo (BEUKEMA & Van Der ZAAG, 1990; STRECK et al., 2007; BISOGNIN et al., 2008b), sendo a batata uma planta de dia curto para o IT (STRECK et al., 2007). O processo de tuberização está relacionado com a diminuição da atividade da giberelina, que ocorre naturalmente à medida que existem condições ambientais promotoras da tuberização, como o fotoperíodo (CARRERA et al., 2000; TAIZ & ZEIGER, 2006). Apesar da necessidade de dia curto ter sido eliminada em muitas variedades cultivadas, para batata selvagens, a formação do tubérculo ocorre somente em condições e dia curto, podendo a tuberização ser bloqueada por aplicações de giberelina (CARRERA et al., 2000). No entanto, a sensibilidade da cultivar ao fotoperíodo pode ser estimada pelo número de folhas no início da tuberização (BISOGNIN et al., 2008b).

Além do fotoperíodo, temperaturas noturnas baixas estimulam o IT da batata (MINHAS et al., 2004/5). Para a produção de tubérculos, temperaturas noturnas menores que 17°C e diurnas entre 23 e 25°C são as mais favoráveis (HELDWEIN et al., 2009), tornando-se gradativamente menos favorável à medida que se aproximam dos limites de 6 e 29°C (BEUKEMA & Van der ZAAG, 1990). Temperaturas elevadas estimulam o crescimento da parte aérea, em detrimento dos tubérculos (BEUKEMA & Van Der ZAAG, 1990).

Após o IT, os tubérculos, influenciados pela temperatura do ar, têm um contínuo crescimento, sendo que o tamanho varia dentro de uma mesma planta, de acordo com o momento da diferenciação destes nos estolões. Assim, no momento da colheita sempre haverá

tubérculos com diferentes graus de maturidade, sendo a classificação pelo menor diâmetro, necessária para um adequado manejo pós-colheita da batata (MÜLLER et al., 2010). O período de tuberização é também uma fase muito crítica para a ocorrência de doenças, pragas, deficiência de nutrientes, falta ou excesso de água, danos por geada ou granizo, que promovem perdas irreversíveis (SOUZA, 2003; BISOGNIN & STRECK, 2009; HELDWEIN et al., 2009).

3.1.2.3 Início da Senescência – Colheita

Com o início do amarelecimento das folhas, o que caracteriza o início da senescência, ocorre uma redução gradual da fotossíntese e, conseqüente, aporte de assimilados da parte aérea para os tubérculos (BISOGNIN & STRECK, 2009; HELDWEIN et al., 2009). A duração dessa fase depende principalmente da temperatura e da intensidade de radiação solar (KOOMAN et al., 1996b; HELDWEIN et al., 2009). Baixa disponibilidade de radiação solar incidente, característico do cultivo de outono em regiões subtropicais, pode acelerar a senescência e antecipar a colheita (ANDRIOLO, 1999; BISOGNIN & STRECK, 2009; HELDWEIN et al., 2009). O excesso hídrico nessa fase, também não é desejável por afetar a qualidade dos tubérculos, aumentando as perdas pós colheita (HELDWEIN et al., 2009).

A presença de 50% de hastes e folhas mortas caracteriza o estágio de maturação, momento em que os tubérculos atingem o tamanho final e o máximo teor de massa seca (BISOGNIN & STRECK, 2009; HELDWEIN et al., 2009). A formação da casca, no entanto, ocorre somente após a morte da parte aérea, quando também se completa a maturidade dos tubérculos (SOUZA, 2003; HELDWEIN et al., 2009).

Um manejo cultural amplamente utilizado em lavouras destinadas a produção de tubérculos semente, é a dessecação forçada da parte aérea, o que impede a translocação de vírus da parte aérea para os tubérculos (FILGUEIRA, 2008; BISOGNIN & STRECK, 2009). Com a morte precoce da parte aérea, há conseqüentemente uma redução do ciclo da cultura e também do tamanho final dos tubérculos, o que é desejável na produção de tubérculos semente (FILGUEIRA, 2008).

3.2 Qualidade para Processamento Industrial

Entre os parâmetros que influenciam a qualidade de tubérculos para a industrialização, os teores de massa seca e de açúcares redutores estão associados ao rendimento e a qualidade

do produto processado, por determinar a absorção de gordura durante a fritura, a textura, o sabor e a coloração do produto final (SILVA, 1991; CAPEZIO et al., 1992/93; FELTRAN et al., 2004). No entanto, apesar das características físicas e bioquímicas dos tubérculos sofrerem influência do ambiente, tendem a ser constante em uma mesma cultivar (SALAMONI et al., 2000).

3.2.1 Massa Seca e Amido

Durante o processamento, tanto na forma de “chips” quanto de palitos, ocorre uma desidratação dos tubérculos, portanto, um maior teor de massa seca, significa menor conteúdo de água a ser evaporada e maior rendimento do produto processado (BEUKEMA & Van der ZAAG, 1979). Assim, batatas destinadas ao processamento na forma de “chips”, devem apresentar teores de massa seca superiores a 20%, para que se tenha uma boa qualidade do produto processado (BRODY, 1969).

Apesar do teor de massa seca variar entre clones e cultivares, sua produção depende da taxa de fotossíntese e do período de desenvolvimento da planta (BEUKEMA & Van der ZAAG, 1979). O diferimento na data de emissão do tubérculo diminui o período de tempo disponível para atingir o crescimento potencial (MELO, 1997), conseqüentemente, aqueles emitidos tardiamente, chegam ao final do ciclo da cultura imaturos e com baixo teor de massa seca. Por isso, cultivares de ciclo tardio apresentam, em geral, maior teor de massa seca (BEUKEMA & Van der ZAAG, 1979), porém, o teor é ainda influenciado pelas condições de cultivo, solo, adubação, irrigação e estágio de maturação dos tubérculos (BEUKEMA & Van der ZAAG, 1979; MELO, 1997).

Para as condições de cultivo do Rio Grande do Sul, maiores teores de massa seca foram obtidos para tubérculos produzidos no cultivo de primavera (FREITAS et al., 2006; BISOGNIN et al., 2008b; MÜLLER et al., 2009), pois condições térmicas acima da ideal contribuem para menores teores de massa seca (SILVA et al., 2009). Além disso, a menor disponibilidade de radiação solar, no outono, foi acompanhada por menor eficiência de conversão da energia solar em massa seca dos tubérculos (BISOGNIN et al., 2008b). O máximo teor de massa seca nos tubérculos é obtido quando ocorre a senescência natural das plantas (MELO, 1997), dessa forma, qualquer estresse que resulte na morte prematura da parte aérea, afeta o teor de massa seca dos tubérculos e aumenta a porcentagem de tubérculos imaturos.

A massa seca é ainda estreitamente relacionada à gravidade específica (LULAI & ORR, 1979; OLIVEIRA et al., 2006), sendo o amido o principal constituinte, representando de 60 a 80% da massa seca dos tubérculos de batata (FONTES & FINGER, 2000). O amido é o produto final do processo fotossintético e a reserva de carbono das plantas (FRANCO et al., 2002; TAIZ & ZEIGER, 2006). Sua formação ocorre devido à atividade combinatória de algumas enzimas, tanto nas organelas fotossinteticamente ativas, onde o amido é reserva temporária, quanto nos amiloplastos de órgãos de reserva (FRANCO et al., 2002). O amido é produzido diariamente pelos cloroplastos, no entanto, o armazenamento no amiloplasto ocorre durante um período que pode ser de dias a semanas (ELLIS et al., 1998). O amido uma vez armazenado é novamente remobilizado durante a brotação dos tubérculos.

A deposição dos grãos de amido nos amiloplastos decorre da transformação da sacarose, glicose e maltose em amilose e amilopectina (FONTES & FINGER, 2000), que são os dois principais constituintes do amido (ELLIS et al., 1998). A amilose influencia a qualidade do produto processado na forma de “chips”, por estar ligado a crocância e resistência (FRANCO et al., 2002), com teores que variam entre 23 e 31% (WIESENBERN et al., 1994; KIM et al., 1995), dependendo da cultivar e das condições de cultivo (SINGH et al., 2003, NODA et al., 2004). Teores altos de amilopectina são desejáveis na produção de amido, que é utilizado em espessantes de caldos e sopas desidratadas (ELLIS et al., 1998).

A amilose é um polissacarídeo linear de (1→4)- α -D-glucose, enquanto a amilopectina, é uma molécula ramificada, onde cadeias de (1→4)- α -D-glucana são conectadas por ligações α (1→6) (FRANCO et al., 2002; LEONEL, 2005; LIU et al., 2007). Há indícios de que a amilose é sintetizada antes da amilopectina, servindo como precursora (FERRI, 1985). A funcionalidade do amido é, em grande parte, dependente dessas duas macromoléculas. Em batata, o amido é constituído por aproximadamente 20% de amilose e 80% de amilopectina, contudo, o estágio de desenvolvimento da planta, a cultivar e as condições de cultivo afetam essa proporção (ELLIS et al., 1998; FRANCO et al., 2002; SINGH et al., 2003; NODA et al., 2004; LEONEL, 2005).

Há diferenças nas propriedades físico-químicas de grânulos de amido, não só em plantas de diferentes espécies como também em diferentes cultivares de uma mesma espécie. Essas variações podem ser decorrentes das condições ambientais, genótipo e atividade diferenciada das enzimas envolvidas na rota metabólica de síntese do amido (ELLIS et al., 1998; FRANCO et al., 2002). Essas diferenças não ocorrem somente em relação à proporção de amilose e amilopectina, mas também quanto ao tamanho dos grânulos e a presença de compostos, como os lipídeos e o conteúdo de fósforo (ELLIS et al., 1998).

3.2.2 Açúcares Redutores

Os açúcares servem como substrato para a reação de Maillard, resultando em “chips” de cor escura e gosto amargo (COELHO et al., 1999; BLENKINSOP et al., 2002). Os teores aceitáveis de açúcares redutores para o processamento de tubérculos na forma de “chips” estão entre 10 a 15mg g de massa seca⁻¹ (ZORZELLA et al., 2003a). Os teores mais baixos de açúcares redutores são alcançados somente quando as hastes estão completamente secas, sendo que todos os fatores que atrasam a senescência das plantas, contribuem para o aumento do teor de açúcares redutores nos tubérculos (MELO, 1997). O maior teor de açúcares durante o crescimento e desenvolvimento dos tubérculos, ocorre quando a taxa de transporte dos assimilados das folhas excede a taxa de conversão desses assimilados em amido. Portanto, os menores teores de açúcares redutores são obtidos em tubérculos completamente maduros (STARK et al., 2009; DRISKILL Jr. et al., 2007).

Além de variar entre cultivares e ser afetado pelas condições de cultivo, o acúmulo de açúcares redutores pode ocorrer, devido ao adoçamento induzido pelo frio e ao adoçamento senescente (HERTOG et al., 1997), que são afetados pela temperatura de armazenamento, pela idade fisiológica do tubérculo, pela cultivar e pela estação de cultivo (HERTOG et al., 1997). O adoçamento induzido pelo frio é um processo reversível, podendo ocorrer mesmo antes do armazenamento, enquanto o adoçamento senescente ocorre somente após a brotação dos tubérculos, para suprir a necessidade de energia para o crescimento dos brotos (HERTOG et al., 1997).

Tubérculos de batata quando armazenados em baixas temperaturas (<4°C), acumulam açúcares redutores (FONTES & FINGER, 2000; ZORZELLA et al., 2003a), porém, algumas cultivares são sensíveis ao frio e outras toleram baixas temperaturas sem acumular açúcares redutores (BLENKINSOP et al., 2002). O processo de acúmulo de açúcares redutores pode estar relacionado com a seletividade da membrana do amiloplasto. Em algumas cultivares, o armazenamento a baixa temperatura por longos períodos afeta a seletividade da membrana, o que promove o contato entre os açúcares redutores e as enzimas (BACARIN et al., 2005). O adoçamento por baixas temperaturas resulta no acúmulo de metabólitos pela quebra da molécula de amido, principalmente em sacarose e açúcares redutores (glicose e frutose) (MARANGONI et al., 1997; COELHO et al., 1999). Como esses servem como substrato para a reação de Maillard, que ocorre durante a fritura, a concentração de açúcares redutores tem sido freqüentemente utilizada como indicador quantitativo da aceitabilidade da batata para

“chips”, onde mudanças na concentração de açúcares redutores são o indicativo da coloração dos “chips” (FICK & BROOK, 1999; DRISKILL Jr. et al., 2007).

3.3 Soma Térmica

Apesar de a batata ser considerada de dias curtos para tuberação (STRECK et al., 2007), o efeito do fotoperíodo limita-se, principalmente, à fase da emergência ao início da tuberação, embora a temperatura também afete o desenvolvimento da cultura durante essa fase (KOOMAN et al., 1996b; HELDWEIN et al., 2009). As fases subsequentes, do início da tuberação ao início da senescência e do início da senescência à colheita, são afetadas principalmente pela temperatura do ar (KOOMAN et al., 1996b). Ou seja, o desenvolvimento da batata é primariamente afetado pela temperatura do ar (HELDWEIN et al., 2009), e o acúmulo térmico pode ser uma importante ferramenta para a estimativa dos parâmetros de desenvolvimento das plantas.

Nesse sentido, a soma térmica caracteriza-se por ser um método simples e uma melhor medida de tempo fisiológico do que dias do calendário civil ou dias após o plantio (STRECK, 2002), sendo a simplicidade do cálculo o principal atrativo, que, no entanto, não é garantia de sucesso (PAULA et al., 2005). A não garantia de sucesso deve-se basicamente ao fato do método da soma térmica, assumir uma relação linear entre a temperatura e o desenvolvimento vegetal, o que não é totalmente realístico do ponto de vista biológico (STRECK et al., 2007).

Diferentes autores têm demonstrado que, para a cultura da batata, a temperatura média do ar é o fator ecológico principal que determina a emissão de folhas (DELLAI et al., 2005; BISOGNIN et al., 2008b). No entanto, Paula et al. (2005) encontraram limitações do método da soma térmica em prever as datas dos estádios de desenvolvimento da batata, não sendo a soma térmica um valor constante para as fases EM-IT, IT-IS e IS-CO, variando em função da época de plantio. Esses mesmos autores ainda recomendam que o cálculo da soma térmica, seja realizado por um método que utilize as três temperaturas cardeais, por tratar-se de uma cultura adaptada a regiões e épocas de cultivo sob temperaturas amenas. Diferentes trabalhos também têm sido propostos para o período pós-colheita, onde o acúmulo de temperatura é o principal responsável pelo envelhecimento fisiológico dos tubérculos de batata (WIERSEMA, 1985; CALDIZ, 2009). Também, existe uma resposta específica para cada cultivar em relação à soma térmica acumulada durante o armazenamento (STRUIK et al., 2006), sendo seus efeitos distintos se forem acumulados no início ou no final do período de armazenamento (STRUIK et al., 2006).

A soma térmica acumulada antes do final da dormência tem apenas um efeito limitado sobre o processo de envelhecimento fisiológico, sendo a soma térmica acumulada após a quebra da dormência, fundamental para o processo de envelhecimento fisiológico dos tubérculos (STRUIK et al., 2006). Cultivares respondem de forma diferenciada em relação à soma térmica acumulada durante o armazenamento e em relação às diferentes combinações de altas e baixas temperaturas. Cultivares com alta taxa de envelhecimento apresentaram maiores diferenças entre a soma térmica acumulada de diferentes combinações de temperatura, sendo que, nesse caso, altas temperaturas no final do período de armazenamento, foram prejudiciais (STRUIK, et al., 2006).

A indicação de novas cultivares para as condições de cultivo da região central do Rio Grande do Sul, em que são realizados dois cultivos anuais, implica na adaptação destas a condições distintas de fotoperíodo e temperatura do ar, sendo necessário ainda apresentarem um curto período de dormência. Nesse contexto, o método da soma térmica, que se baseia na premissa de que as plantas necessitam de um somatório térmico para completarem cada fase de desenvolvimento (PAULA et al., 2005; TRENTIN et al., 2008), pode ser uma ferramenta para a estimativa da brotação dos tubérculos de batata e assim facilitar o manejo pós-colheita.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Os tubérculos de batata usados nesse trabalho foram produzidos a campo no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil (latitude: 29° 43'S, longitude: 53° 48'W e altitude: 95m) e na Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO), Júlio de Castilhos, RS, Brasil (latitude: 29° 17'S, longitude: 53° 69'W e altitude: 516m), nos cultivos de primavera (2006) e de outono (2007), a partir de tubérculos semente em ótimo estado fitossanitário e no estágio fisiológico de plena brotação. O solo, representativo de Santa Maria, é um argissolo vermelho-amarelo distrófico arênico, pertencente à unidade de mapeamento São Pedro, e de Júlio de Castilhos, um latossolo vermelho escuro distrófico típico, pertencente à unidade de mapeamento Cruz Alta (EMBRAPA, 1999). No cultivo de primavera de 2006, o plantio dos tubérculos foi realizado em 25 e 23 de agosto e a colheita em 10 e 19 de dezembro, para Santa Maria e Júlio de Castilhos, respectivamente. No cultivo de outono de 2007, o plantio dos tubérculos foi realizado em 14 e 01 de março e a colheita em 06 e 05 de junho, para Santa Maria e Júlio de Castilhos, respectivamente.

Os valores absolutos de temperatura mínima e máxima, durante o período de cultivo a campo foram, para os cultivos de outono e primavera em Júlio de Castilhos, de 3,0°C a 35,0°C e de 6,2°C a 35,0°C, respectivamente, e para Santa Maria, de 1,3°C a 38,4°C e de 2,5°C a 36,2°C, respectivamente (Figura 1). A temperatura média durante os cultivos de outono e primavera foi, respectivamente, de 20,6°C e 20,8°C em Júlio de Castilhos e de 18,7°C e 20,4°C em Santa Maria, sendo a média das temperaturas mínimas e máximas, respectivamente, de 14,5°C e 26,8°C no outono e de 13,0°C e 28,6°C na primavera em Júlio de Castilhos, e de 13,2°C e 22,8°C no outono e de 14,8°C e 26,1°C na primavera em Santa Maria. O fotoperíodo nos cultivos de outono e de primavera variou, respectivamente, entre 13,5 e 11,2 horas e entre 12,1 e 14,9 horas, em Júlio de Castilhos, e entre 13,1 e 11,2 horas e entre 12,1 e 14,9 horas em Santa Maria.

Durante os cultivos foram determinados a emergência (EM), o início da tuberização (IT) e da senescência (IS) dos clones avançados SMIJ461-1, SMINIA793101-3 e SMINIA97145-2 do Programa de Genética e Melhoramento de Batata da UFSM, e da cultivar Macaca, amplamente cultivada na região central do RS. Para simplificação, a cultivar Macaca também será referida como clone. Os clones avaliados diferem quanto a qualidade e brotação,

sendo os extremos representados pelo clone SMIJ461-1, que possui alto potencial para processamento na forma de “chips” (FREITAS et al., 2006), no entanto, de longa dormência (BENEDETTI et al., 2005) e Macaca, com menor qualidade de processamento, porém curta dormência (BENEDETTI et al., 2005).

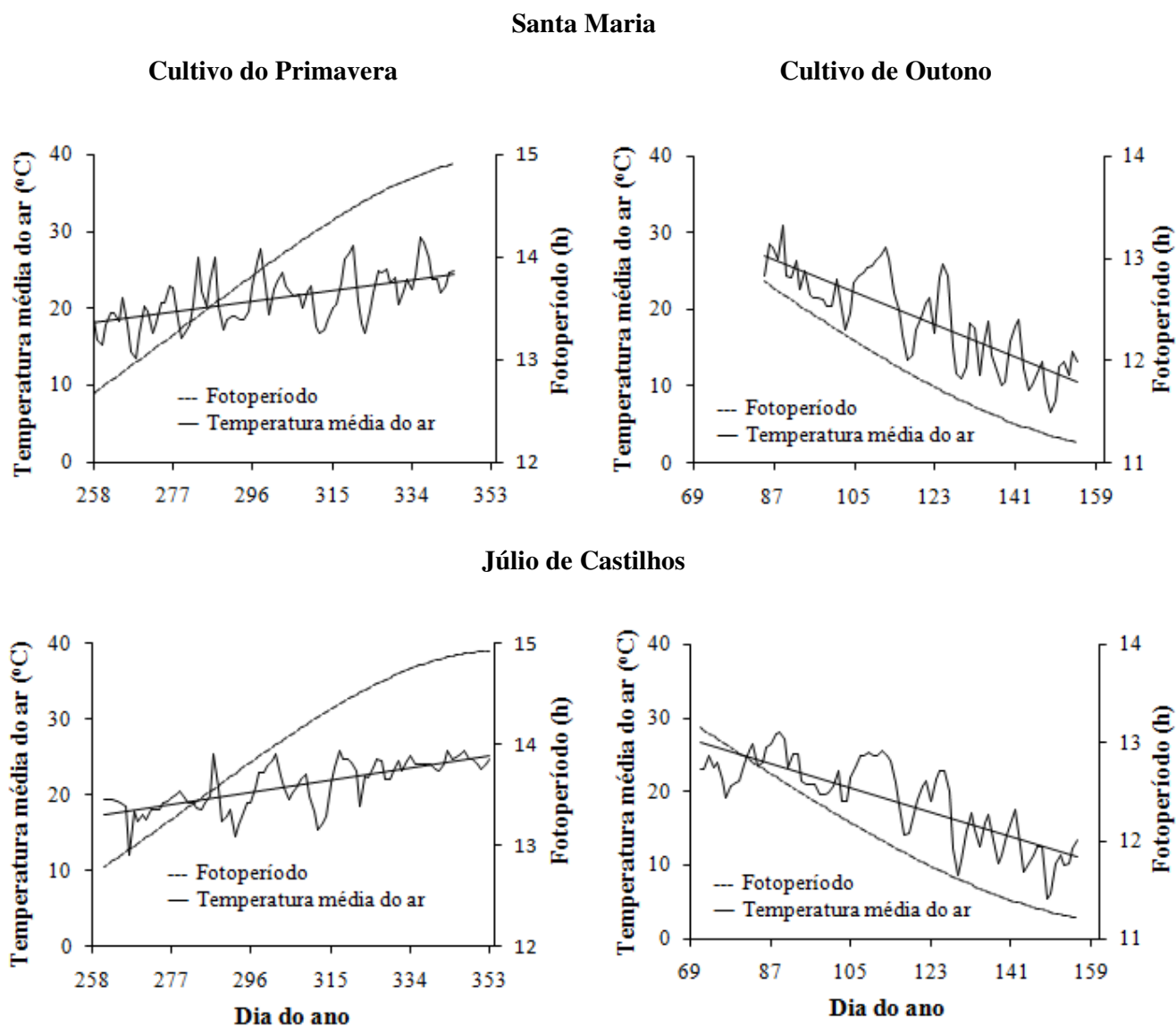


Figura 1. Temperatura média diária do ar e fotoperíodo durante os cultivos de batata na primavera (2006) e no outono (2007) em Santa Maria e Júlio de Castilhos, RS.

A data da EM foi considerada, quando 50% das plantas na parcela estavam visíveis acima do solo. O IT foi anotado quando duas de quatro plantas, amostradas diariamente, apresentaram pelo menos um tubérculo com 1,0cm de diâmetro (HELDWEIN et al., 2009). A

data do IS foi considerada quando 50% das plantas na parcela apresentaram todas as folhas amarelecidas. As plantas foram dessecadas com Paraquat assim que o último clone atingiu o IS. As práticas culturais e o manejo da lavoura, seguiram as recomendações técnicas para a cultura da batata (BISOGNIN, 1996).

Após a colheita, os tubérculos foram classificados e separados para o armazenamento, apenas os tubérculos com tipo especial ou A (menor diâmetro $\geq 45\text{mm}$) e tipo B (diâmetro entre 23 e 44mm). Os tubérculos foram submetidos ao processo de cura, que consistiu no armazenamento a 20°C por 15 dias e após, armazenados a 10 e 20°C. O experimento foi conduzido em um fatorial de quatro clones, duas temperaturas de armazenamento (10 e 20°C ± 1), dois cultivos (outono e primavera) e dois locais (Santa Maria e Júlio de Castilhos), no delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. A umidade relativa do ar no interior das câmaras foi mantida em 85%, com uma variação de $\pm 5\%$.

As avaliações foram realizadas aos 0, 30, 60 e 90 dias após o período de cura dos tubérculos. Foram determinados a porcentagem de tubérculos brotados, o número de brotos por tubérculo, os teores de massa seca, de açúcares redutores, de amido e a porcentagem de perda de massa fresca. Tubérculos brotados, foram determinados pela contagem dos tubérculos com pelo menos um broto maior que 2mm de comprimento (HELDWEIN et al., 2009), sendo os valores expressos em porcentagem. O número de brotos por tubérculo foi determinado por meio de contagem. O teor de massa seca foi determinado por meio do acondicionamento das amostras de batata, previamente descascadas e picadas, em estufa à temperatura de 60°C, até obter massa constante. Os teores de açúcares redutores foram determinados conforme a metodologia de Long & Chism (2004) e adaptações propostas por Freitas et al. (2006), utilizando-se a diluição de 1g de massa seca em 5ml de água destilada, de onde foram retirados 2ml para reagir com 0,5ml de 2,4-dinitro-fenol. O amido foi quantificado em açúcares redutores, obtidos por hidrólise ácida de 250mg de matéria seca de batata em uma solução contendo 10ml de água destilada e 0,5ml de HCl, após autoclavagem por 20min à temperatura de 120°C (1kgf cm^{-2}). A solução foi então neutralizada com NaOH (50%) para pH=7,0 e retirado 1ml para adicionar à outra solução contendo 3ml de água destilada e 0,5ml de 2,4-dinitro-fenol. Após a homogeneização, a nova solução foi mantida em banho-maria por 6min antes da quantificação (FREITAS et al., 2006). As quantificações de açúcares redutores foram feitas em espectrofotômetro (Digimed DME-21) utilizando o comprimento de onda de 600nm. A perda de massa fresca foi obtida por meio da diferença entre a massa fresca no início e no final do armazenamento, sendo os valores expressos em porcentagem. Os dados de porcentagem de tubérculos brotados, de número de brotos por

tubérculo, de massa seca, de açúcares redutores, de amido e da porcentagem de perda de massa fresca durante o armazenamento, foram expressos como a área abaixo da curva de progressão, calculada conforme Shaner & Finney (1977):

$$AACP = \sum_{i=1}^n [(Y_{i+n1} + Y_i) / 2] [X_{i+1} - X_i]$$

em que, Y_i = valor correspondente ao caracter observado; X_i = tempo (dias) de armazenamento; n = número total de observações.

Os dados de temperatura mínima e máxima diárias do ar durante o período experimental foram coletados, em Santa Maria, na Estação Climatológica Principal, pertencente ao 8º Distrito de Meteorologia, Instituto Nacional de Meteorologia, localizada a aproximadamente 100m da área experimental e, em Júlio de Castilhos, na estação agrometeorológica, localizada a aproximadamente 500m da área experimental. A soma térmica diária (STd, °C dia) foi calculada pela equação descrita por McMaster & Wilhelm (1997):

$$STd = (Tmed - Tb) . 1 \text{ dia}$$

$$\text{Se } Tmed < Tb \text{ então } Tmed = Tb$$

Posteriormente procedeu-se um comparativo entre métodos de cálculo da soma térmica. O método anteriormente descrito e denominado de Método 1, foi comparado a outros dois métodos de cálculo de soma térmica diária (STd), Método 2 e 3, descritos por Gilmore & Rogers, 1958):

Método 2:

$$STd = (Tmed - Tb) . 1 \text{ dia}$$

$$\text{Se } Tmed < Tb \text{ então } Tmed = Tb$$

$$\text{Se } Tmed > Tot \text{ então } Tmed = Tot$$

Método 3:

$$STd = (Tmed - Tb) . 1 \text{ dia quando } Tb < Tmed \leq Tot$$

$$STd = (Tot - Tb) . (Tmax - Tmed) / (Tmax - Tot), \text{ quando } Tot < Tmed \leq Tmax$$

$$STd = 0, \text{ quando } Tb > Tmed > Tmax$$

em que $Tmed$ é a temperatura média diária do ar, calculada pela média aritmética das temperaturas máxima e mínima diárias do ar; Tb é a temperatura base para o desenvolvimento da planta de batata; Tot é a temperatura ótima; e, $Tmax$ é a temperatura máxima para o desenvolvimento da batata. Nesse estudo utilizou-se $Tb = 7^\circ\text{C}$, $Tot = 21^\circ\text{C}$ e $Tmax = 30^\circ\text{C}$ (SANDS et al., 1979; PAULA et al., 2005). A soma térmica acumulada (STa, °C dia) a partir

da emergência foi calculada por $STa = \Sigma STd$. A duração das fases EM-IT, IT-IS e EM-IS foi calculada em STa ($^{\circ}C$ dia).

A representação da concepção de cálculo dos três modelos de soma térmica pode ser representada através da Figura 2.

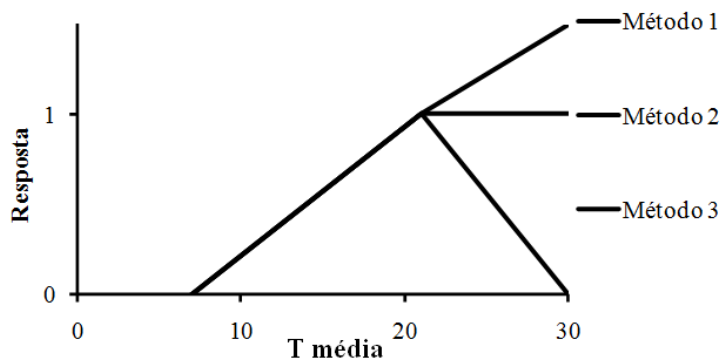


Figura 2 – Representação esquemática dos três métodos de cálculo da soma térmica.

Os dados foram submetidos à análise de variância para o teste F, e as médias de clones comparadas pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro. Também foi realizada a análise de correlação linear de Pearson, entre a soma térmica acumulada das fases EM-IT, IT-IS e EM-IS e a área abaixo da curva de progressão da porcentagem de tubérculos brotados, do número de brotos por tubérculo, de massa seca, de açúcares redutores, de amido e da porcentagem de perda de massa fresca. Todas as análises foram realizadas com o auxílio do programa NTIA (EMBRAPA, 1997).

Além disso, foi conduzido outro experimento avaliando o período de dormência e de dominância apical de diferentes tamanhos de tubérculos de batata, cuja metodologia está descrita no artigo publicado, que é parte integrante desta Tese de Doutorado (páginas 65 a 70).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Condições de Produção dos Tubérculos

O número médio de dias da fase EM-IT e IT-IS foi semelhante nos cultivos de primavera e outono em Santa Maria, enquanto em Júlio de Castilhos, ocorreu menor duração da fase EM-IT para o cultivo de primavera e IT-IS para o cultivo de outono (Tabela 2). No entanto, quando observada a soma térmica média acumulada, verificou-se, em ambos locais, maiores valores na fase EM-IT, para o cultivo de outono, e IT-IS, para o cultivo de primavera (Tabela 3). Isso se deve ao período de maior temperatura média ter ocorrido no outono da EM ao IT e, na primavera, do IT ao IS (Figura 1). Essa diferença na temperatura ambiental entre os cultivos também foi responsável pela maior produtividade de tubérculos na primavera, que além da maior disponibilidade de radiação solar (BISOGNIN et al., 2008b), apresentou temperaturas mais favoráveis para estimular o IT da batata, entre 16 e 18°C (BEUKEMA & Van Der ZAAG, 1990). Altas temperaturas causam atraso na formação dos tubérculos, redução da produção e problemas fisiológicos (STRECK et al., 2007; SOUZA, 2003).

As condições térmicas do cultivo de primavera, tanto para o IT quanto para a produção de tubérculos, são mais favoráveis do que no cultivo de outono (Figura 1), refletindo em maior acúmulo de graus dia durante o ciclo de desenvolvimento da batata, baseado principalmente em maior acúmulo de soma térmica na fase IT-IS. Na fase de tuberização, a temperatura do ar tem um grande efeito sobre a produtividade dos tubérculos, pois a cada aumento de 1°C da temperatura entre 15 e 25°C, há uma redução média de 1% na produtividade, sendo que a 30°C, a produtividade é a metade daquela a 20°C (BEUKEMA & Van Der ZAAG, 1990). Além disso, temperaturas noturnas menores que 17°C e, diurnas, entre 23 e 25°C são as mais favoráveis a produção de tubérculos (HELDWEIN et al., 2009).

Quando comparados os locais de cultivo, a duração do ciclo das plantas na primavera foi maior em Júlio de Castilhos (77 dias) do que em Santa Maria (66 dias), enquanto no cultivo de outono, a situação se inverteu 64 dias em Santa Maria e 57 dias em Júlio de Castilhos (Tabela 2). No entanto, a soma térmica média acumulada é maior para ambos os cultivos em Júlio de Castilhos (Tabela 3). Ou seja, as condições térmicas encontradas em Júlio de Castilhos favoreceram, mesmo com menor número de dias de duração do ciclo de desenvolvimento das plantas no outono, um maior acúmulo de graus dia (Figura 1).

Essas diferenças entre locais de cultivo resultaram em diferentes valores de soma térmica acumulada, sendo que o acúmulo de graus dia pode estar associado ao grau de maturidade e idade fisiológica dos tubérculos, o que afeta a brotação e a qualidade dos mesmos.

Tabela 2. Datas de início dos estádios de emergência (EM), início da tuberização (IT), início da senescência (IS) e duração (em dias) das fases EM-IT, IT-IS e EM-IS de clones de batata, nos cultivos de primavera e outono em Santa Maria e Júlio de Castilhos, RS.

Local	Clone	Primavera						Outono					
		Data			Duração (dias)			Data			Duração (dias)		
		EM	IT	IS	EM-IT	IT-IS	EM-IS	EM	IT	IS	EM-IT	IT-IS	EM-IS
Santa Maria	SMINIA793101-3	19/09	12/10	27/11	23	47	70	26/03	15/04	01/06	20	48	68
	Macaca	17/09	02/10	23/11	15	53	68	28/03	11/04	04/06	14	55	69
	SMIJ461-1	20/09	06/10	25/11	16	51	67	29/03	24/04	05/06	26	43	69
	SMINIA97145-2	08/09	06/10	06/11	28	32	60	28/03	20/04	15/05	23	26	49
	Média				20,5	45,7	66,2				20,7	43,0	63,7
Júlio de Castilhos	SMINIA793101-3	21/09	16/10	09/12	25	55	80	14/03	12/04	10/05	29	29	58
	Macaca	21/09	06/10	06/12	15	62	77	12/03	11/04	10/05	30	30	60
	SMIJ461-1	30/09	20/10	09/12	20	51	71	30/03	18/04	20/05	19	33	52
	SMINIA97145-2	18/09	05/10	06/12	17	63	80	15/03	13/04	11/05	29	30	59
	Média				19,2	57,7	77,0				26,7	30,5	57,2

Tabela 3. Somas térmicas acumuladas (STa) das fases emergência (EM) – início de tuberização (IT), IT – início da senescência (IS) e EM-IS de clones de batata, nos cultivos de primavera e outono em Santa Maria e Júlio de Castilhos, RS.

Clone	STa (°C dia) EM-IT		STa (°C dia) IT-IS		STa (°C dia) EM-IS	
	Primavera	Outono	Primavera	Outono	Primavera	Outono
Santa Maria						
SMINIA793101-3	293,5	346,9	675,2	471,6	968,6	818,5
Macaca	177,9	254,4	745,1	543,5	923,0	797,9
SMIJ461-1	199,0	454,5	727,1	328,4	926,1	782,8
SMINIA97145-2	330,4	399,75	449,5	293,4	779,8	693,1
Média	250,2	363,9	649,2	409,2	899,4	773,1
Júlio de Castilhos						
SMINIA793101-3	303,3	485,3	805,3	368,3	1108,6	853,5
Macaca	177,7	501,5	878,8	384,0	1056,5	885,5
SMIJ461-1	248,9	307,5	767,5	348,3	1016,3	655,7
SMINIA97145-2	201,3	479,3	892,4	364,0	1093,7	843,2
Média	232,8	443,4	836,0	366,1	1068,8	809,5

5.2 Brotação dos Tubérculos

Tubérculos produzidos em Júlio de Castilhos apresentaram maior número de brotos e maior porcentagem de tubérculos brotados do que aqueles produzidos em Santa Maria (Tabela 4). Além disso, tubérculos produzidos no cultivo de primavera apresentaram maior soma térmica média acumulada (Tabela 3) e maior número de brotos e porcentagem de tubérculos brotados do que aqueles produzidos durante o outono (Tabela 4). Beukema & Van Der Zaag (1990) atribuem às condições de temperatura e de fotoperíodo crescentes no final do ciclo, característico do cultivo de primavera, como responsáveis pela diminuição do nível de dormência dos tubérculos, o que acelera o envelhecimento fisiológico e reduz o tempo de armazenamento (BISOGNIN et al., 2008a). Isso também pode estar relacionado com o nível hormonal do tubérculo. Fatores ambientais como a temperatura e o fotoperíodo, podem alterar os níveis de giberelina ativa, além disso, a progressiva diminuição da temperatura, característica do cultivo de outono, induz as plantas a desenvolverem tolerância ao congelamento, a partir da elevação das concentrações de ácido abscísico endógeno nas folhas, que também é um importante promotor da dormência em sementes, gemas e tubérculos (TAIZ & ZEIGER, 2006).

O efeito da temperatura do ar, tanto do local quanto da época de cultivo, no estágio fisiológico do tubérculo pode, através do manejo da temperatura de armazenamento, ser superado e proporcionar adequada brotação para o próximo plantio. Tubérculos armazenados a 20°C durante 90 dias brotaram 25,2% e 22,8% a mais do que aqueles armazenados a 10°C, para os cultivos de primavera e outono respectivamente (Tabela 4). Bisognin et al. (2008a) encontraram uma redução de 50% no período de armazenamento dos tubérculos até a brotação, somente pelo efeito da época de cultivo e recomendaram o armazenamento dos tubérculos semente produzidos no outono a 12°C e, na primavera, a 8 ou 4°C, devido as diferenças de idade fisiológica. Cabe ressaltar que baixas temperaturas (<10°C) de armazenamento, favorecem a dormência e reduzem a dominância apical dos tubérculos, enquanto que altas temperaturas (>25°C) antecipam a brotação, porém não favorecem a quebra da dominância apical dos mesmos (BISOGNIN et al., 2008a; MÜLLER et al., 2010). Além disso, o avanço da idade fisiológica dos tubérculos varia quando o armazenamento é feito em temperatura constante ou alternada (combinações de altas e baixas temperaturas), sendo que altas temperaturas no final do período de armazenamento, são prejudiciais para cultivares com alta taxa de envelhecimento fisiológico (STRUIK et al., 2006).

Este trabalho foi conduzido com quatro clones de batata, que diferem na dormência dos tubérculos e na adaptação às condições de cultivo do Rio Grande do Sul, pois o avanço da idade fisiológica dos tubérculos é muito dependente da cultivar (STRUIK, 2007). Os clones Macaca e SMIJ461-1 são os mais contrastantes, sendo Macaca, o mais bem adaptado às condições de cultivo do Rio Grande do Sul e de curta dormência dos tubérculos. Na comparação desses dois clones, a soma térmica acumulada na fase IT-IS foi sempre maior para Macaca, em ambos locais e épocas de cultivo (Tabela 3), sendo o mesmo observado para a porcentagem de tubérculos brotados e o número de brotos por tubérculo (Tabela 4). No entanto, mesmo quando observados valores de soma térmica muito próximos, como por exemplo, a STa da fase EM-IS durante a primavera em ambos os locais de cultivo, o clone Macaca novamente apresentou a maior porcentagem de tubérculos brotados e o maior número de brotos por tubérculo. Isso confirma que o avanço na idade fisiológica dos tubérculos e, em consequência, o manejo pós colheita são, em batata, muito dependentes da cultivar.

A análise de correlação entre a soma térmica acumulada nas diferentes fases do ciclo de desenvolvimento da batata, com a porcentagem de tubérculos brotados e o número de brotos por tubérculo, indicou, na média dos locais e épocas de cultivo, altos valores de correlação positiva, tanto para a fase EM-IS quanto para a fase IT-IS, e negativa para a fase EM-IT (Tabela 5). Assim, a soma térmica acumulada das fases EM-IS e IT-IS, pode ser utilizada como um indicativo do estágio fisiológico dos tubérculos e para inferir sobre a brotação dos mesmos. A inferência mais aceita cientificamente para mensurar a idade fisiológica do tubérculo, seria a data do início da tuberização (WIERSEMA, 1985), porém na prática é muito mais difícil determinar o IT do que a EM das plantas. Além disso, valores altamente significativos ($p < 0,01$) de correlação entre as fases EM-IS e IT-IS somente foram obtidos quando os tubérculos foram produzidos em Júlio de Castilhos, em condições mais favoráveis de temperatura. Portanto, o fator local de cultivo é importante para inferir sobre a brotação dos tubérculos de batata com base na soma térmica acumulada.

As correlações significativas foram expressas graficamente a partir da regressão linear entre a soma térmica acumulada nas diferentes fases do ciclo de desenvolvimento da batata e a área abaixo da curva de progressão da porcentagem de tubérculos brotados e do número de brotos por tubérculo (Figura 3). Maiores coeficientes de determinação foram obtidos quando os tubérculos foram produzidos em Júlio de Castilhos, onde o acúmulo de 100 graus dia, para a fase IT-IS ou EM-IS, resultou, respectivamente, no aumento de 0,13 e 0,20 unidades de área abaixo da curva de progressão para a porcentagem de tubérculos brotados, de 0,006 e 0,009 unidades de área abaixo da curva de progressão para o número de brotos por tubérculo. E, de

forma geral, aumento de 0,1 unidades, tanto para a fase IT-IS como para EM-IS, para a porcentagem de tubérculos brotados, e 0,005 e 0,008 unidades para as fases IT-IS e EM-IS, respectivamente, do número de brotos por tubérculo.

O conhecimento da idade fisiológica é importante para o manejo pós colheita dos tubérculos, principalmente quando destinados para semente. A idade fisiológica do tubérculo semente afeta importantes componentes do rendimento, como o vigor das plantas, o número de hastes, o número e o tamanho dos tubérculos, a velocidade de emergência das plantas e o início da tuberização e da senescência (STRUİK et al., 2006; STRUIK, 2007). Quando comparado o plantio de tubérculos nas fases de plena brotação ou senescência, observa-se que tubérculos em estágio de plena brotação apresentam emergência, tuberização e maturidade tardia; no entanto, apresentam crescimento vigoroso da parte aérea, com maior número de tubérculos por haste e rendimento final. Já tubérculos em estágio de senescência, apresentam emergência, tuberização e maturidade precoce, além de reduzido crescimento da parte aérea, número de tubérculos por haste e rendimento final (WIERSEMA, 1985; STRUIK, 2007; HELDWEIN et al., 2009).

Diferentes características têm sido propostas como indicadores da dormência e/ou idade fisiológica do tubérculo, incluindo caracteres morfológicos, fisiológicos, (bio) químicos, moleculares e biofísicos (CALDIZ et al., 2001; CALDIZ, 2009). Tais indicadores, são necessários para quantificar e explicar as diferenças na taxa de envelhecimento de tubérculos oriundos de diferentes cultivares e condições de cultivo e armazenamento, e, para quantificar e modelar os efeitos da idade das sementes sobre o crescimento e a produtividade das plantas (STRUİK et al., 2006). Nesse sentido, os resultados desse trabalho indicam que é possível estimar a brotação dos tubérculos de batata, a partir da soma térmica acumulada nas fases EM-IS ou IT-IS, o que se constitui em uma importante ferramenta para inferir sobre a idade fisiológica e definir técnicas de manejo pós colheita dos tubérculos de batata produzidos em diferentes condições de cultivo.

Tabela 4. Áreas abaixo da curva de progressão da porcentagem de tubérculos brotados (%TB) e do número de brotos por tubérculo (NB/T) de clones de batata produzidos na primavera e no outono, em Santa Maria e Júlio de Castilhos, RS, armazenados a 10 e 20°C por 90 dias.

Caracter	Clone	Local		Temperatura de Armazenamento	
		Santa Maria	Júlio de Castilhos	10°C	20°C
Cultivo de Primavera					
%TB	Macaca	0,4395 b ¹ B ²	0,7621 a A	0,5354 b B	0,6663 b A
	SMIJ461-1	0,2683 c B	0,5667 b A	0,2868 c B	0,5482 c A
	SMINIA793101-3	0,3922 b B	0,8090 a A	0,5541 a b B	0,6471 b A
	SMINIA97145-2	0,5804 a B	0,7942 a A	0,5976 a B	0,7771 a A
	Média	0,4176	0,7330	0,4934	0,6596
CV(%) = 6,54					
NB/T	Macaca	0,0202 a B	0,0421 a A	0,0237 a B	0,0385 a A
	SMIJ461-1	0,0063 c B	0,0147 d A	0,0065 d B	0,0144 c A
	SMINIA793101-3	0,0130 b B	0,0356 b A	0,0148 c B	0,0338 b A
	SMINIA97145-2	0,0193 a B	0,0308 c A	0,0187 b B	0,0314 b A
	Média	0,0147	0,0308	0,0159	0,0295
CV(%) = 10,68					
Cultivo de Outono					
%TB	Macaca	0,1707 a B	0,2341 a A	0,1365 a B	0,2683 a A
	SMIJ461-1	0,0755 bc A	0,0815 c A	0,0000 c B	0,1571 b A
	SMINIA793101-3	0,0896 b A	0,0745 c A	0,0000 c B	0,1642 b A
	SMINIA97145-2	0,0497 c B	0,1598 b A	0,0377 b B	0,1718 b A
	Média	0,0963	0,1374	0,0435	0,1903
CV(%) = 16,11					
NB/T	Macaca	0,0049 a B	0,0097 a A	0,0040 a B	0,0105 a A
	SMIJ461-1	0,0009 b A	0,0011 c A	0,0000 b B	0,0020 d A
	SMINIA793101-3	0,0015 b A	0,0017 c A	0,0000 b B	0,0032 c A
	SMINIA97145-2	0,0008 b B	0,0041 b A	0,0006 b B	0,0043 b A
	Média	0,0020	0,0041	0,0011	0,0050
CV(%) = 18,60					

¹ Médias de clones não seguidas pela mesma letra, minúscula nas colunas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

² Médias de local e temperatura não seguidas pela mesma letra, maiúscula nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro.

Tabela 5. Coeficientes de correlação de Pearson e probabilidade ou valor-p (entre parênteses), para valores médios de soma térmica acumulada (STa), da emergência (EM) ao início da tuberização (IT), do IT ao início da senescência (IS) e da EM-IS, da área abaixo da curva de progressão da percentagem de tubérculos brotados (%TB) e do número de brotos por tubérculo (NB/T) de clones de batata.

STa	%TB	NB/T
Geral		
EM-IT	-0,6081 (0,012)	-0,5773 (0,019)
IT-IS	0,8484 (0,000)	0,8143 (0,000)
EM-IS	0,8331 (0,000)	0,8047 (0,000)
Santa Maria		
EM-IT	-0,5141 (0,192)	-0,5565 (0,152)
IT-IS	0,5418 (0,165)	0,5655 (0,144)
EM-IS	0,4848 (0,223)	0,4857 (0,222)
Júlio de Castilhos		
EM-IT	-0,7843 (0,021)	-0,7335 (0,038)
IT-IS	0,9790 (0,000)	0,9137 (0,002)
EM-IS	0,9257 (0,001)	0,8625 (0,006)

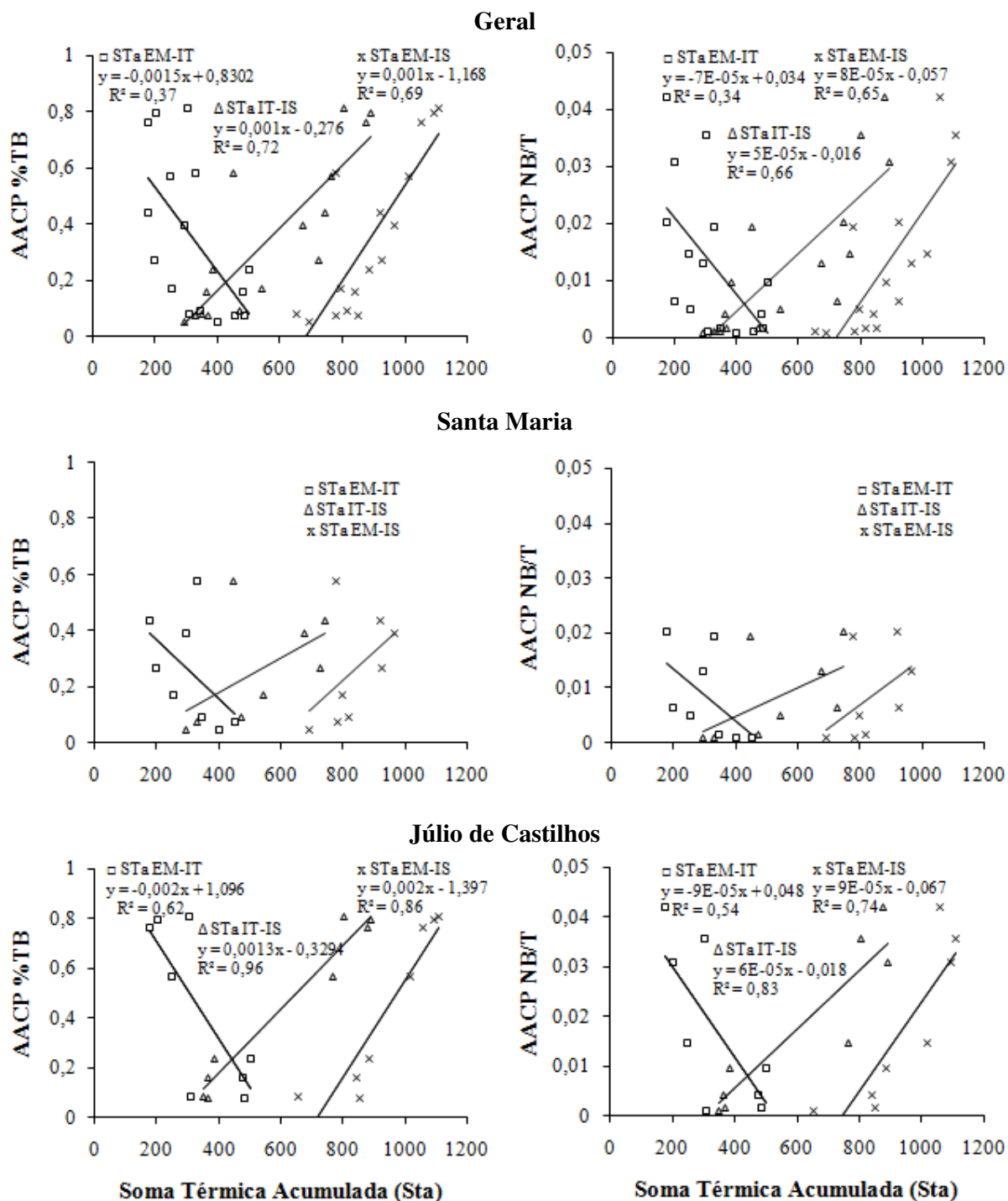


Figura 3. Relação entre a área abaixo da curva de progressão (AACP), da porcentagem de tubérculos brotados (%TB) e do número de brotos por tubérculo (NB/T), com a duração das fases de desenvolvimento de clones de batata, produzidos na primavera e no outono, em Santa Maria e Júlio de Castilhos. EM = emergência, IT = início da tuberização (IT) e IS = início da senescência (IS).

5.3 Qualidade de Tubérculo

Considerando os dois locais de cultivo, no cultivo de primavera, houve diferenças para os teores de massa seca e amido e para a porcentagem de perda de massa fresca, para todos os clones (Tabela 6). Tubérculos produzidos em Júlio de Castilhos apresentaram, ao longo do período de armazenamento, maior teor de massa seca e porcentagem de perda de massa fresca, enquanto que aqueles produzidos em Santa Maria, maior teor de amido. Para açúcares redutores, não houve efeito distinto de local de cultivo para os clones avaliados, enquanto Macaca e SMINIA793101-3 apresentaram menores teores quando produzidos em Júlio de Castilhos, SMINIA97145-2 apresentou menores teores quando produzidos em Santa Maria (Tabela 6).

No outono, não houve diferenças para todos os clones entre locais de cultivo, durante o período de armazenamento avaliado, para nenhuma variável analisada (Tabela 7). Embora houvesse variações entre clones quanto ao local de cultivo, os valores médios entre locais foram muito próximos, exceto para a porcentagem de perda de massa fresca, maior para tubérculos produzidos em Júlio de Castilhos. Assim como para o cultivo de primavera, tubérculos produzidos no outono em Júlio de Castilhos apresentaram maior porcentagem de perda de massa fresca. Isso pode estar relacionado com o grau de maturidade dos tubérculos, uma vez que independente da época de cultivo, tubérculos produzidos em Júlio de Castilhos apresentaram, em média, maiores valores de soma térmica acumulada ao longo do ciclo de cultivo. Tubérculos imaturos apresentam maior dormência (BEUKEMA & Van Der ZAAG, 1979), o que retarda o início da brotação, momento a partir do qual há um crescente consumo de carboidratos para o crescimento dos brotos, além de uma maior perda de água por transpiração.

Com exceção do teor de massa seca para o clone SMINIA97145-2 no cultivo de outono, para todos os demais clones e épocas de cultivo, o armazenamento dos tubérculos a 10 ou 20°C, não afetou os teores de massa seca e amido (Tabela 6 e 7), o que demonstra pouco efeito da temperatura de armazenamento avaliada sobre esses parâmetros de qualidade. Isso confirma resultados de outros trabalhos, usando temperatura de armazenamento de 10-12°C não afetou o teor de amido (COPP et al., 2000; CHAPPER et al., 2004). Apesar de ser esperado maior acúmulo de açúcares redutores com o armazenamento dos tubérculos a 10°C, apenas o clone Macaca, no cultivo de primavera, apresentou ao longo do período de armazenamento, maior acúmulo quando comparado aqueles armazenados a 20°C. A redução da temperatura de armazenamento de 20°C para 10°C, no entanto, promoveu, ao longo do

período de armazenamento, uma redução de aproximadamente 60% da porcentagem de perda de massa fresca, nas duas épocas de cultivo. Esses resultados confirmam a importância do armazenamento refrigerado para a redução das porcentagens de perda de massa fresca, sendo essencial para tubérculos destinados ao processamento industrial, uma vez que é necessário retardar ao máximo a brotação, a partir do qual ocorre uma perda acentuada de massa fresca e de qualidade (MELO, 1997; FONTES & FINGER, 2000; BISOGNIN et al., 2008a). No entanto, a temperatura ideal varia de acordo com a cultivar (MELO, 1997) e com o tipo de processamento a ser utilizado (EDWARDS et al., 2002). Para o processamento na forma de “chips” é recomendado a temperatura de 10 a 12,7°C, para processamento na forma de palito, de 8,3 a 10°C e para batata-semente, de 2,7 a 4,4°C (STARK et al., 2009).

O efeito da época de cultivo em relação aos parâmetros de qualidade do tubérculo pode ser facilmente observado quando analisados os valores médios, sem considerar o efeito do local e da temperatura de armazenamento. Clones produzidos na primavera apresentaram, em média, maiores teores de massa seca (6,7%) e amido (34,1%), maior perda de massa fresca (52,9%) e menor teor de açúcares redutores (50,1%), quando comparado com aqueles produzidos no cultivo de outono. Isso pode estar relacionado, à maturidade alcançada pelos tubérculos produzidos na primavera, como mostrado pelo maior valor de soma térmica acumulada, seja na fase IT-IS ou EM-IS (Tabela 3). Ou seja, com o aumento da soma térmica acumulada, são esperados maiores teores de amido e de massa seca e menores teores de açúcares redutores, o que é essencial para tubérculos destinados ao processamento industrial na forma de “chips”.

A época de cultivo também afetou a porcentagem de perda de massa fresca dos tubérculos. Maiores valores foram encontrados para tubérculos produzidos na primavera em relação ao outono. Isso pode estar relacionado às condições ambientais, características do cultivo de primavera. Condições de temperatura e de fotoperíodo crescentes no final do ciclo, são responsáveis pela diminuição do nível de dormência dos tubérculos (BEUKEMA & Van Der ZAAG, 1990) e maior respiração desde o início do armazenamento (FREITAS et al., 2006).

O cultivo de outono é caracterizado por altas temperaturas nas fases iniciais de desenvolvimento da batata (EM-IT), que vão diminuindo com o avanço do ciclo da cultura. O período de cultivo de outono é mais curto (ZORZELLA et al., 2003b), limitado principalmente pela disponibilidade de radiação solar e baixa temperatura do ar no final do ciclo (BISOGNIN et al., 2008b). Dessa forma, as condições ambientais durante o outono são menos favoráveis ao acúmulo de amido e massa seca nos tubérculos e mais favoráveis ao

acúmulo de açúcares redutores, o que é confirmado pelos resultados encontrados. Para o cultivo de primavera, as condições ambientais de temperatura, radiação solar e fotoperíodo, são mais propícias ao crescimento dos tubérculos (FONTES & FINGER, 1999), o que favorece a qualidade dos mesmos.

A produção total de massa seca depende da taxa de fotossíntese e do período de crescimento da planta (BEUKEMA & Van der ZAAG, 1979). As diferenças de início da tuberização diminuem o período de tempo disponível para atingir o crescimento potencial (MELO, 1997). Consequentemente, tubérculos que se diferenciaram mais tardiamente chegam ao final do ciclo da cultura imaturos e com baixo teor de massa seca. O máximo teor de massa seca, nos tubérculos, é obtido quando ocorre a senescência natural das plantas (MELO, 1997), ou seja, qualquer estresse que resulte na morte prematura da parte aérea, afeta o teor de massa seca dos tubérculos e aumenta a porcentagem de tubérculos imaturos.

O teor de açúcares redutores depende do clone, das condições de crescimento e desenvolvimento dos tubérculos (O'DONOGHUE et al., 1996), e do grau de maturidade dos mesmos (BEUKEMA & Van der ZAAG, 1979; MELO, 1997). Os teores mais baixos de açúcares redutores são alcançados somente quando as hastes estão completamente secas, sendo que todos os fatores que antecipam a senescência das plantas, contribuem para o aumento do teor de açúcares redutores nos tubérculos (MELO, 1997). O maior teor de açúcares durante o crescimento e desenvolvimento dos tubérculos, ocorre quando a taxa de transporte dos assimilados das folhas excede a taxa de conversão desses assimilados em amido. Portanto, os menores teores de açúcares redutores são obtidos em tubérculos completamente maduros (STARK et al., 2009; DRISKILL Jr. et al., 2007). Assim, devido às condições ambientais do cultivo de outono, baixas temperaturas no final do ciclo, a produção de tubérculos imaturos é maior e, portanto, apresentariam maior teor de açúcares redutores (MELO, 1997).

Apesar das condições ambientais contrastantes entre os cultivos de primavera e outono, o ciclo de desenvolvimento da batata se ajusta ao calendário da cultura, proporcionando rendimento de tubérculos que viabilizam comercialmente o cultivo. No entanto, o período de armazenamento varia em função da cultivar, do grau de maturidade dos tubérculos e de fatores culturais e ambientais durante o ciclo da cultura (CHITARRA & CHITARRA, 2005). Assim, o manejo pós-colheita precisa ser diferenciado para cada cultivo, que depende ainda do destino final dos tubérculos, seja para consumo, indústria ou semente.

A análise de correlação entre a soma térmica acumulada nas diferentes fases do ciclo de desenvolvimento da batata com os teores de massa seca, de amido, de açúcares redutores e

com a porcentagem de perda de massa fresca indicou, na média dos locais e épocas de cultivo, geral, e para cada local de cultivo, Santa Maria e Júlio de Castilhos, baixo número de correlações significativas para os teores de massa seca e para a porcentagem de perda de massa fresca. No entanto, altos valores de correlação negativa, tanto para a fase IT-IS quanto para a fase EM-IS, e positiva para a fase EM-IT, foram encontrados para o teor de açúcares redutores, sejam na média de épocas e locais, ou mesmo considerando apenas os locais (Tabela 8).

Para o teor de amido, apesar do local, Santa Maria, apresentar menor grau de correlação, em geral e para o cultivo em Júlio de Castilhos, foram encontrados altos valores de correlação positiva, tanto para a fase IT-IS quanto para a fase EM-IS, e negativa para a fase EM-IT (Tabela 8). Assim, quanto maior a soma térmica acumulada nas fases EM-IS e IT-IS, menor o teor de açúcares redutores e maior o teor de amido dos tubérculos de batata. Apesar de o amido corresponder por 60 a 80% da massa seca (FONTES & FINGER, 2000), os resultados encontrados indicaram baixa correlação para os teores de massa seca, enquanto para os teores de amido, com exceção do cultivo em Santa Maria, alta correlação com a soma térmica acumulada, seja positiva ou negativa, de acordo com a fase considerada. Isso pode estar relacionado ao fato do teor de massa seca ser menos afetado do que o de amido pelas condições de cultivo, o que é confirmado quando observados os valores de massa seca e amido, individualmente entre os clones. Independente do local ou época de cultivo, o clone SMINIA97145-2 apresentou os menores valores de massa seca dentre os clones avaliados, no entanto, maiores teores de amido (Tabelas 6 e 7).

As correlações significativas foram expressas graficamente, a partir da regressão linear entre a soma térmica acumulada nas diferentes fases do ciclo de desenvolvimento da batata e a área abaixo da curva de progressão para massa seca, açúcares redutores, amido e porcentagem de perda de massa fresca (Figura 4 e 5). Tanto para açúcares redutores como para amido, maiores coeficientes de determinação foram obtidos para tubérculos produzidos em Júlio de Castilhos e quando considerada a fase IT-IS. Nessas condições, um acúmulo de 100 graus dia, resultou na redução de 0,03 unidades de área abaixo da curva de progressão para açúcares redutores, e aumento de 0,47 unidades de área abaixo da curva de progressão para amido.

Os resultados desse trabalho confirmam que as condições de cultivo afetam os componentes de qualidade dos tubérculos de batata, sendo a soma térmica acumulada nas fases EM-IS ou IT-IS correlacionada com os teores de açúcares redutores e amido, o que pode se constituir em uma importante ferramenta para inferir sobre a qualidade de processamento

desses tubérculos. Os resultados ainda indicam que, embora haja diferenças entre locais de cultivo, a maior atenção deve ser dada ao cultivo de outono, onde todas as práticas de manejo devam favorecer a maior duração e acúmulo de graus dia, principalmente da fase IT-IS, para que se possam obter tubérculos com qualidade adequada e que atendam as exigências para processamento industrial na forma de “chips”. Além disso, permitem indicar o armazenamento dos tubérculos a 10°C, uma vez que essa temperatura pouco afetou a qualidade, quando comparado aqueles armazenados a 20°C, além de reduzir as porcentagens de perda de massa fresca dos tubérculos.

Tabela 6. Áreas abaixo da curva de progressão do teor de massa seca (MS), açúcares redutores (AR) e amido (AM), e da porcentagem de perda de massa fresca (%PMF) de clones de batata produzidos na primavera, em Santa Maria e Júlio de Castilhos, RS, armazenados a 10 e 20°C por 90 dias.

Caracter	Clone	Local				Temperatura de Armazenamento			
		Santa Maria		Júlio de Castilhos		10°C		20°C	
Cultivo de Primavera									
MS	Macaca	0,1944	c ¹ B ²	0,2248	c A	0,2113	b A	0,2079	b A
	SMIJ461-1	0,2290	a B	0,2375	b A	0,2332	a A	0,2333	a A
	SMINIA793101-3	0,2084	b B	0,2530	a A	0,2299	a A	0,2315	a A
	SMINIA97145-2	0,1639	d B	0,1925	d A	0,1767	c A	0,1797	c A
	Média	0,1989		0,2269		0,2127		0,2131	
CV(%) = 1,35									
AR	Macaca	0,1279	a B	0,1198	b A	0,1300	b B	0,1177	a A
	SMIJ461-1	0,1407	b A	0,1405	c A	0,1424	c A	0,1388	b A
	SMINIA793101-3	0,1284	a B	0,1113	a A	0,1191	a A	0,1206	a A
	SMINIA97145-2	0,1470	b A	0,1695	d B	0,1597	d A	0,1568	c A
	Média	0,1360		0,1352		0,1378		0,1334	
CV(%) = 3,43									
AM	Macaca	7,2641	a A	6,9417	a b B	7,1014	a A	7,1044	a b A
	SMIJ461-1	7,2338	a A	7,0339	a B	7,1699	a A	7,0977	a b A
	SMINIA793101-3	7,0392	b A	6,8655	b B	6,9360	b A	6,9687	b A
	SMINIA97145-2	7,3747	a A	6,9749	a b B	7,2143	a A	7,1353	a A
	Média	7,2279		6,9540		7,1054		7,0765	
CV(%) = 1,36									
%PMF	Macaca	0,0301	a b A	0,0726	b B	0,0236	ab A	0,0791	c B
	SMIJ461-1	0,0266	a A	0,0581	a B	0,0188	a A	0,0315	a B
	SMINIA793101-3	0,0326	a b A	0,0550	a B	0,0257	b A	0,0618	b B
	SMINIA97145-2	0,0336	b A	0,0041	a B	0,0264	b A	0,0653	b B
	Média	0,0307		0,0474		0,0236		0,0594	
CV(%) = 10,16									

¹ Médias de clones não seguidas pela mesma letra, minúscula nas colunas, diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

² Médias de local e temperatura não seguidas pela mesma letra, maiúscula nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro.

Tabela 7. Áreas abaixo da curva de progressão do teor de massa seca (MS), açúcares redutores (AR) e amido (AM), e a porcentagem de perda de massa fresca (%PMF) de clones de batata produzidos no outono, em Santa Maria e Júlio de Castilhos, RS, armazenados a 10 e 20°C por 90 dias.

Caracter	Clone	Local				Temperatura de Armazenamento			
		Santa Maria		Júlio de Castilhos		10°C		20°C	
Cultivo de Outono									
MS	Macaca	0,2123 a ¹	A ²	0,2084 b	A	0,2124 a	A	0,2084 b	A
	SMIJ461-1	0,2180 a	A	0,2201 a	A	0,2170 a	A	0,2211 a	A
	SMINIA793101-3	0,2124 a	A	0,1915 c	B	0,2010 b	A	0,2030 b	A
	SMINIA97145-2	0,1737 b	A	0,1526 d	B	0,1684 c	A	0,1578 c	B
	Média	0,2041		0,1931		0,1997		0,1975	
CV(%) = 2,30									
AR	Macaca	0,2710 b	A	0,2767 b	A	0,2691 b	A	0,2785 b	A
	SMIJ461-1	0,2824 b	B	0,2454 a	A	0,2564 b	A	0,2714 b	A
	SMINIA793101-3	0,2234 a	A	0,2390 a	A	0,2240 a	A	0,2384 a	A
	SMINIA97145-2	0,3309 c	B	0,3053 c	A	0,3028 c	A	0,3334 c	B
	Média	0,2769		0,2666		0,2630		0,2804	
CV(%) = 3,62									
AM	Macaca	4,3912 c	B	4,7589 b	A	4,6111 b	A	4,5390 b	A
	SMIJ461-1	4,8871 a	A	4,9355 a	A	4,9505 a	A	4,8721 a	A
	SMINIA793101-3	4,5550 b	A	4,2042 c	B	4,4448 c	A	4,3144 c	A
	SMINIA97145-2	4,8564 a	A	4,7718 b	A	4,8181 a	A	4,8101 a	A
	Média	4,6724		4,6676		4,7061		4,6339	
CV(%) = 1,94									
%PMF	Macaca	0,0115 a	A	0,0206 a b	B	0,0086 a	A	0,0236 a b	B
	SMIJ461-1	0,0098 a	A	0,0226 b	B	0,0096 a	A	0,0229 a	B
	SMINIA793101-3	0,0147 b	A	0,0219 b	B	0,0104 a	A	0,0262 b	B
	SMINIA97145-2	0,0192 c	A	0,0182 a	A	0,0114 a	A	0,0260 b	B
	Média	0,0138		0,0208		0,0100		0,0246	
CV(%) = 11,15									

¹ Médias de clones não seguidas pela mesma letra, minúscula nas colunas, diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

² Médias de local e temperatura não seguidas pela mesma letra, maiúscula nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro.

Tabela 8. Coeficientes de correlação de Pearson e probabilidade ou valor-p (entre parênteses), para valores médios de soma térmica acumulada (STa), da emergência (EM) ao início da tuberação (IT), do IT ao início da senescência (IS) e da EM-IS, da área abaixo da curva de progressão dos teores de massa seca (MS), açúcares redutores (AR) e amido (AM), e da porcentagem de perda de massa fresca (%PMF) de clones de batata.

STa	MS	AR	AM	%PMF
Geral				
EM-IT	-0,3890 (0,136)	0,7331 (0,001)	-0,7244 (0,002)	-0,3947 (0,130)
IT-IS	0,4807 (0,059)	-0,8441 (0,000)	0,7896 (0,000)	0,5413 (0,030)
EM-IS	0,4349 (0,092)	-0,7224 (0,002)	0,6437 (0,007)	0,5260 (0,036)
Santa Maria				
EM-IT	-0,2198 (0,601)	0,6831 (0,062)	-0,5665 (0,143)	-0,4976 (0,210)
IT-IS	0,3886 (0,341)	-0,8228 (0,012)	0,6614 (0,074)	0,5649 (0,145)
EM-IS	0,4996 (0,207)	-0,8359 (0,010)	0,6541 (0,078)	0,5447 (0,163)
Júlio de Castilhos				
EM-IT	-0,5276 (0,179)	0,8229 (0,012)	-0,8820 (0,004)	-0,4822 (0,226)
IT-IS	0,5034 (0,203)	-0,9094 (0,002)	0,9697 (0,000)	0,5252 (0,181)
EM-IS	0,3709 (0,366)	-0,7802 (0,022)	0,8280 (0,011)	0,4447 (0,270)

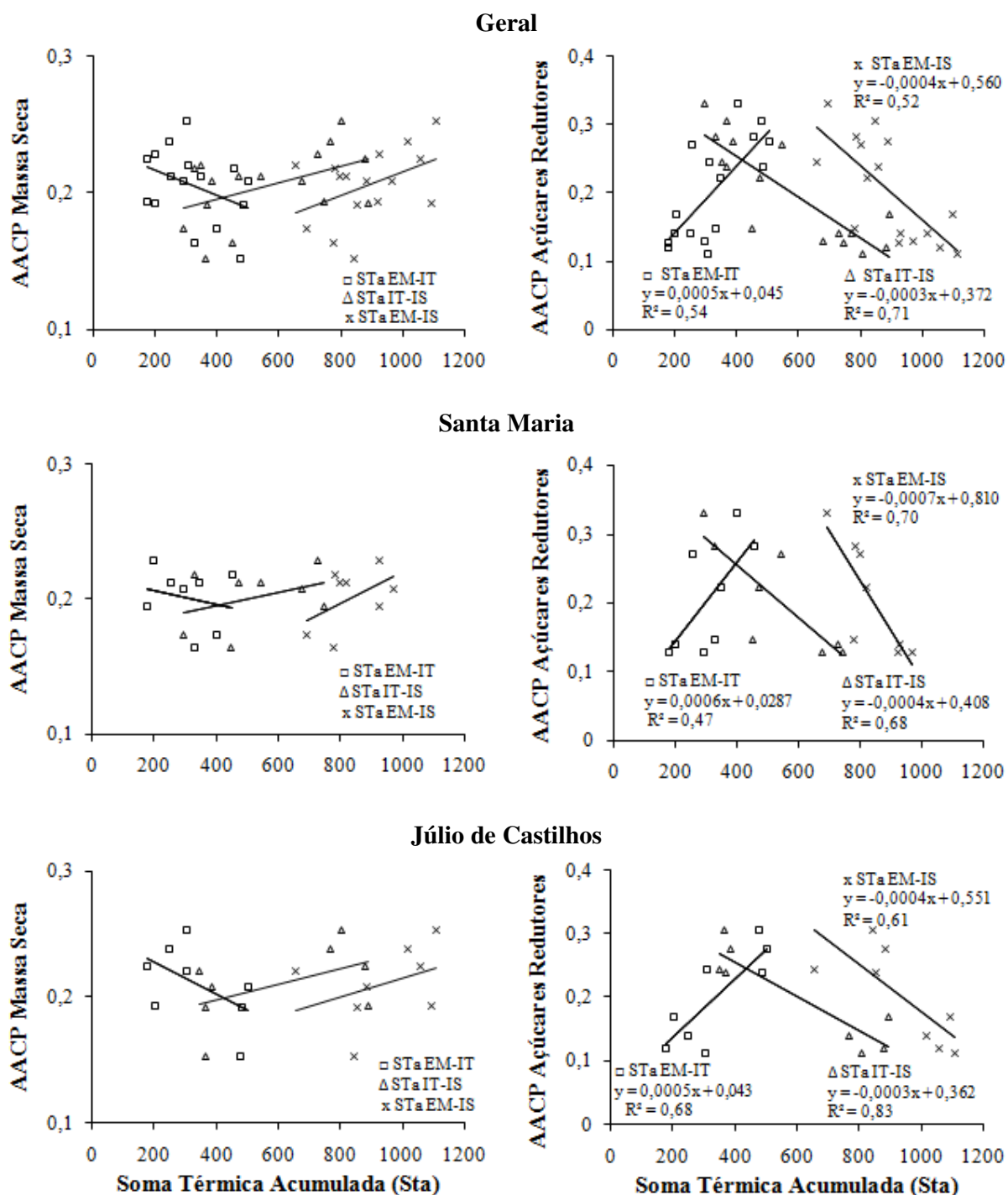


Figura 4. Relação entre a área abaixo da curva de progressão (AACP), da massa seca e de açúcares redutores, com a duração das fases de desenvolvimento de clones de batata, produzidos na primavera e no outono, em Santa Maria e Júlio de Castilhos. EM = emergência, IT = início da tuberculização e IS = início da senescência.

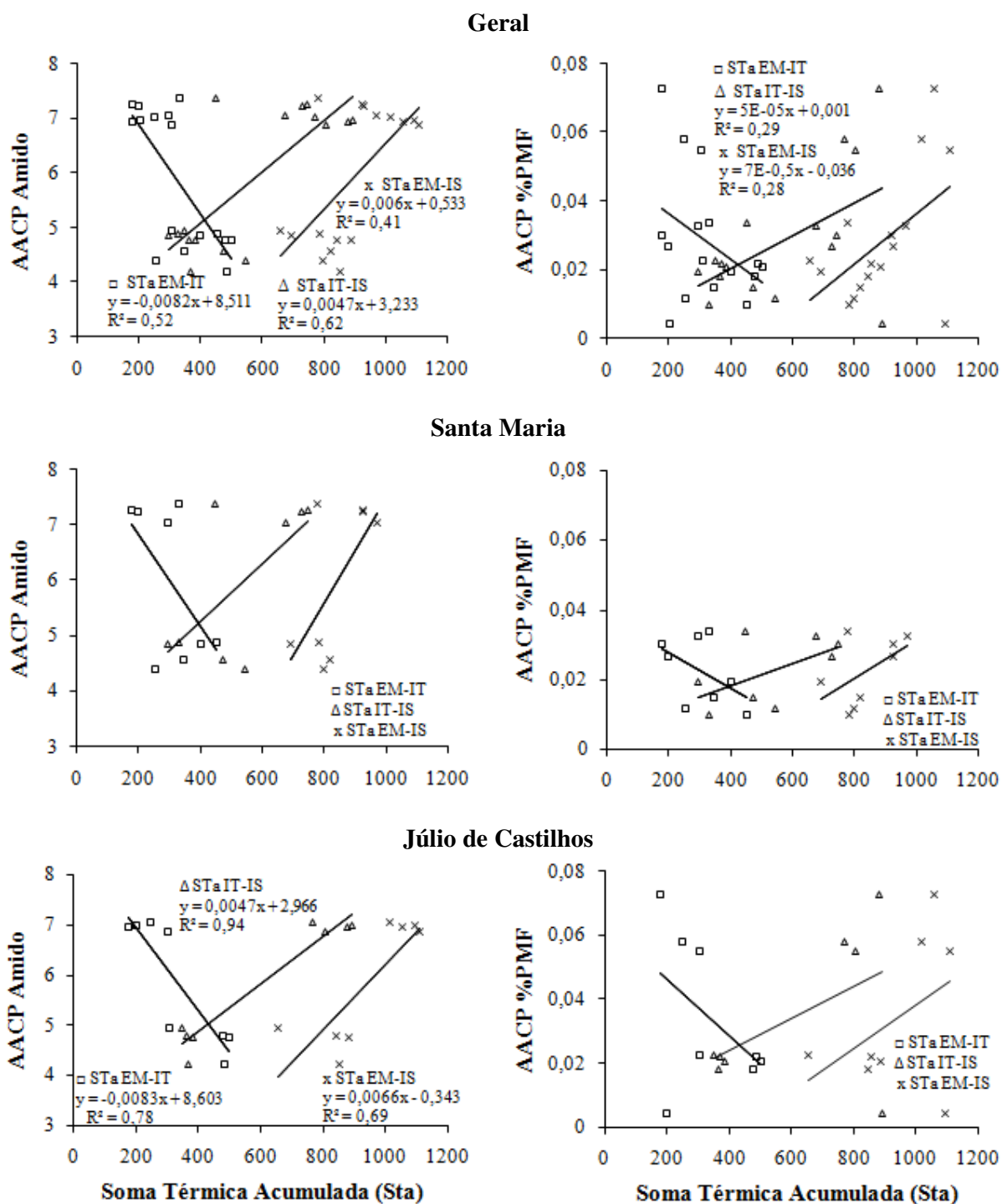


Figura 5. Relação entre a área abaixo da curva de progressão (AACP), de amido e da porcentagem de perda de massa fresca (%PMF), com a duração das fases de desenvolvimento de clones de batata, produzidos na primavera e no outono, em Santa Maria e Júlio de Castilhos. EM = emergência, IT = início da tuberização e IS = início da senescência.

5.4 Métodos de Cálculo da Soma Térmica

Os resultados desse trabalho permitiram ampliar a utilização do conceito de soma térmica, com a possibilidade de estimar brotação e alguns parâmetros de qualidade de tubérculo, a partir da soma térmica acumulada em diferentes fases do ciclo de desenvolvimento da batata. No entanto, o método utilizado, que considera um acúmulo contínuo de graus dia, a partir de uma temperatura base estimada para a cultura, tem recebido críticas, além de trabalhos terem demonstrado limitações do método da soma térmica em prever as datas dos estádios de desenvolvimento da batata (PAULA et al., 2005). Nesse sentido, há a recomendação de que o cálculo da soma térmica seja realizado por um método que utilize as três temperaturas cardeais, por tratar-se de uma cultura adaptada a regiões e épocas de cultivo sob temperaturas amenas (PAULA et al., 2005).

A comparação entre os três métodos de cálculo da soma térmica mostrou que, para o cultivo de primavera em Santa Maria e Júlio de Castilhos, houve em média, maior variação dos valores de soma térmica acumulada para a fase IT-IS, quando comparada à fase EM-IT (Tabela 9). E para o cultivo de outono, a maior diferença entre os métodos foi para a fase EM-IT (Tabela 10). Isso ocorreu devido às diferentes restrições impostas por cada método, sendo para a primavera a fase IT-IS e para o outono a fase EM-IT, os momentos do ciclo de desenvolvimento da batata de maior ocorrência de temperaturas acima da ótima considerada (21°C), nas condições de cultivo do Rio Grande do Sul (Figura 1). Para Santa Maria, em 39,5% e 41,6% do ciclo total de cultivo, ocorreram temperaturas médias maiores do que 21°C, para os cultivos de primavera e outono, respectivamente. Para Júlio de Castilhos, em 45,8% e 54,3% do ciclo total de cultivo, ocorreram temperaturas médias maiores do que 21°C, para os cultivos de primavera e outono, respectivamente. Esses dados confirmam e justificam, o maior valor de soma térmica acumulada, em ambos os cultivos, para Júlio de Castilhos, além de afetarem diretamente na maior ou na menor variação entre os métodos de cálculo da soma térmica estudados.

No cultivo de primavera, em termos percentuais e para a fase EM-IT, em Santa Maria houve uma redução média de soma térmica acumulada de 2,8% do método 1 para o 2, de 6,8% do método 1 para o 3 e de 4,1% do método 2 para o 3. Para Júlio de Castilhos, a redução média de soma térmica acumulada foi de 1,0% do método 1 para o 2, de 2,5% do método 1 para o 3 e de 1,5% do método 2 para o 3. Para as fases IT-IS e EM-IS, a redução média de soma térmica acumulada foi semelhante entre locais de cultivo, sendo na média de clones e locais, de 11,0% do método 1 para o 2, de 27,7% do método 1 para o 3 e de 18,7% do método

2 para o 3, para a fase IT-IS, e de 8,8% do método 1 para o 2, de 22,0% do método 1 para o 3 e de 14,6% do método 2 para o 3, para a fase EM-IS.

No cultivo de outono, em termos percentuais e para a fase EM-IT, em Santa Maria houve uma redução média de soma térmica acumulada de 17,1% do método 1 para o 2, de 44,7% do método 1 para o 3 e de 33,0% do método 2 para o 3. Para Júlio de Castilhos, a redução média de soma térmica acumulada foi de 14,1% do método 1 para o 2, de 35,0% do método 1 para o 3 e de 24,3% do método 2 para o 3. Para as fases IT-IS e EM-IS, a redução média de soma térmica acumulada foi semelhante entre locais de cultivo, sendo na média de clone e locais, de 9,3% do método 1 para o 2, de 23,9% do método 1 para o 3 e de 16,1% do método 2 para o 3, para a fase IT-IS, e de 12,5% do método 1 para o 2, de 31,8% do método 1 para o 3 e de 22,0% do método 2 para o 3, para a fase EM-IS. Ou seja, aumentando as restrições impostas por cada método, também aumentam suas diferenças em termos de acúmulo térmico. Nesse sentido, para a fase EM-IT houve maior diferença de soma térmica acumulada entre os métodos estudados, quando considerado o cultivo de outono e o local Santa Maria, já para as fases IT-IS e EM-IS, as maiores diferenças foram para o cultivo de primavera e outono respectivamente, sendo as diferenças entre locais muito similares.

A análise de correlação de Pearson para valores médios de soma térmica acumulada pelos métodos 1, 2 e 3, entre as fases EM-IT, IT-IS e EM-IS e os parâmetros de brotação e qualidade, mostrou uma redução no número de correlações significativas do método 1 ao 3 (Tabelas 11 e 12). Com a utilização do método 1, 2 e 3 houve um total de 28, 26 e 22 correlações significativas a 5% de probabilidade, respectivamente. No entanto, ao considerar as diferentes fases estudadas, para EM-IT observaram-se correlações significativas somente quando utilizados os métodos 1 e 2. Para a fase IT-IS houve 10, 10 e 8 correlações significativas para os métodos 1, 2 e 3, respectivamente, e para a fase EM-IS, 10, 11 e 14 correlações significativas para os métodos 1, 2 e 3, respectivamente. Ou seja, apesar do método 3 apresentar um menor número total de correlações significativas, quando consideradas apenas as fases IT-IS e EM-IS, o número de correlações significativas é maior do que para os métodos 1 e 2. Essa mesma tendência ocorreu para Santa Maria, local em que houve o menor número de correlações significativas, o cálculo da soma térmica a partir do método 3, resultou em maior número de correlações significativas, com um total de 6, contra 2 e 3 para os métodos 1 e 2, respectivamente. Ao considerar apenas a porcentagem e o número de brotos por tubérculo, os açúcares redutores e o amido, observou-se, de forma geral e para Júlio de Castilhos, maiores níveis de significância do método 1 ao 3 para a fase EM-IS. Já para a fase IT-IS, não houve uma tendência única para as variáveis acima citadas, havendo

pouca variação do nível de significância entre os métodos utilizados para o cálculo de soma térmica.

A partir da comparação entre os três métodos de cálculo da soma térmica estudados, pode-se concluir que o método 3 resultou em melhores níveis de significância e em maior número de correlações significativas para as fases EM-IS e IT-IS do que os métodos 1 e 2. Fisiologicamente essas fases são mais aceitas do que a fase EM-IT, uma vez que nesta não há a presença do tubérculo, objeto do nosso estudo. Além disso, o método 3, por não assumir uma relação linear entre temperatura e desenvolvimento vegetal, o que não é totalmente realístico do ponto de vista biológico (STRECK et al., 2007), representa de forma mais realística o efeito da temperatura no desenvolvimento da batata. No entanto, embora frequentemente se utilizem as temperaturas cardeais (base, ótima e máxima) de 7, 21 e 30°C, respectivamente, propostas por (SANDS et al. 1979), tem sido demonstrado que as temperaturas cardeais não são constantes durante o ciclo de desenvolvimento vegetal (STRECK et al., 2003). Porém PAULA et al. (2005) mesmo quando consideradas diferentes temperaturas cardeais para a estimativa das fases do ciclo de desenvolvimento da batata, não obtiveram melhora nos resultados em comparação a utilização de temperaturas cardeais fixas para todo ciclo.

Tabela 9. Soma térmica acumulada (STa) pelos métodos 1, 2 e 3, das fases emergência (EM) – início de tuberização (IT), IT – início da senescência (IS) e EM-IS de clones de batata no cultivo de primavera, em Santa Maria e Júlio de Castilhos, RS.

Local	Clone	STa (°C dia) EM-IT			STa (°C dia) IT-IS			STa (°C dia) EM-IS		
		Mét. 1	Mét. 2	Mét. 3	Mét. 1	Mét. 2	Mét. 3	Mét. 1	Mét. 2	Mét. 3
Santa Maria	SMINIA793101-3	293,5	282,7	266,0	675,2	598,8	479,80	968,7	881,5	745,8
	Macaca	177,9	177,5	177,0	745,1	667,5	546,8	923,0	845,0	723,8
	SMIJ461-1	198,9	195,0	188,9	727,1	646,8	521,8	926,1	841,8	710,7
	SMINIA97145-2	330,4	319,8	303,3	449,5	404,9	335,6	779,9	724,7	638,9
	Média	250,8	243,8	233,8	649,2	579,5	471,0	899,4	823,2	704,8
Júlio de Castilhos	SMINIA793101-3	303,3	298,8	291,8	805,3	706,9	563,5	1108,6	1005,7	855,3
	Macaca	177,7	177,7	177,7	878,8	786,0	651,3	1056,5	963,7	829,0
	SMIJ461-1	248,9	244,4	237,4	767,5	669,1	525,7	1016,3	913,5	763,1
	SMINIA97145-2	201,3	201,3	201,3	892,4	799,6	664,9	1093,7	1000,9	866,2
	Média	232,8	230,5	227,0	836,0	740,4	601,4	1068,8	970,9	828,4

Tabela 10. Soma térmica acumulada (STa) pelos métodos 1, 2 e 3, das fases emergência (EM) – início de tuberização (IT), IT – início da senescência (IS) e EM-IS de clones de batata no cultivo de outono, em Santa Maria e Júlio de Castilhos, RS.

Local	Clone	STa (°C dia) EM-IT			STa (°C dia) IT-IS			STa (°C dia) EM-IS		
		Mét. 1	Mét. 2	Mét. 3	Mét. 1	Mét. 2	Mét. 3	Mét. 1	Mét. 2	Mét. 3
Santa Maria	SMINIA793101-3	346,9	288,4	197,3	471,6	419,6	336,0	818,5	707,9	533,3
	Macaca	254,4	209,5	139,8	543,5	488,8	400,8	797,9	698,3	540,6
	SMIJ461-1	454,4	372,3	244,8	328,4	318,0	299,0	782,8	690,3	543,8
	SMINIA97145-2	399,8	330,3	222,5	293,4	263,1	212,8	693,2	593,5	435,3
	Média	363,9	300,1	201,1	409,2	372,4	312,1	773,1	672,5	513,2
Júlio de Castilhos	SMINIA793101-3	485,3	413,5	307,0	368,3	330,2	275,0	853,5	743,75	582,0
	Macaca	501,5	427,5	317,5	384,4	344,3	286,2	885,5	771,75	603,8
	SMIJ461-1	307,5	271,0	218,1	348,2	321,0	279,9	655,7	592,00	497,9
	SMINIA97145-2	479,3	411,3	310,6	364,0	326,0	270,7	843,3	737,25	581,3
	Média	443,4	380,8	288,3	366,1	330,4	278,0	809,5	711,2	566,2

Tabela 11. Coeficientes de correlação de Pearson e probabilidade ou valor-p (entre parênteses), para valores médios de soma térmica acumulada (STa) pelos métodos 1, 2 e 3, da emergência (EM) ao início da tuberização (IT), do IT ao início da senescência (IS) e da EM-IS, da área abaixo da curva de progressão da porcentagem de tubérculos brotados (%TB) e do número de brotos por tubérculo (NB/T) de clones de batata.

STa	%TB			NB/T		
	Mét.1	Mét.2	Mét.3	Mét.1	Mét.2	Mét.3
Geral						
EM-IT	-0,6081 (0,012)	-0,4923 (0,053)	-0,0322 (0,906)	-0,5773 (0,019)	-0,4822 (0,059)	-0,0867 (0,750)
IT-IS	0,8484 (0,000)	0,8467 (0,000)	0,8457 (0,000)	0,8143 (0,000)	0,8166 (0,000)	0,8251 (0,000)
EM-IS	0,8331 (0,000)	0,8762 (0,000)	0,9193 (0,000)	0,8047 (0,000)	0,8403 (0,000)	0,8737 (0,000)
Santa Maria						
EM-IT	-0,5141 (0,192)	-0,2985 (0,473)	0,4258 (0,293)	-0,5565 (0,152)	-0,3686 (0,369)	0,3051 (0,462)
IT-IS	0,5418 (0,165)	0,5401 (0,167)	0,5374 (0,170)	0,5655 (0,144)	0,5662 (0,143)	0,5680 (0,142)
EM-IS	0,4848 (0,223)	0,6142 (0,105)	0,7604 (0,029)	0,4857 (0,222)	0,6040 (0,113)	0,7357 (0,037)
Júlio de Castilhos						
EM-IT	-0,7843 (0,021)	-0,7362 (0,037)	-0,5199 (0,187)	-0,7335 (0,038)	-0,6977 (0,054)	-0,5269 (0,180)
IT-IS	0,9790 (0,000)	0,9776 (0,000)	0,9712 (0,000)	0,9137 (0,002)	0,9177 (0,001)	0,9232 (0,001)
EM-IS	0,9257 (0,001)	0,9558 (0,000)	0,9859 (0,000)	0,8625 (0,006)	0,8929 (0,003)	0,9248 (0,001)

Tabela 12. Coeficientes de correlação de Pearson e probabilidade ou valor-p (entre parenteses), para valores médios de soma térmica acumulada (STa) pelos métodos 1, 2 e 3, da emergência (EM) ao início da tuberização (IT), do IT ao início da senescência (IS) e da EM-IS, da área abaixo da curva de progressão dos teores de massa seca (MS), açúcares redutores (AR) e amido (AM), e da porcentagem de perda de massa fresca (%PMF) de clones de batata.

STa	MS			AR			AM			%PMF		
	Mét.1	Mét.2	Mét.3	Mét.1	Mét.2	Mét.3	Mét.1	Mét.2	Mét.3	Mét.1	Mét.2	Mét.3
Geral												
EM-IT	-0,3890 (0,136)	-0,3837 (0,142)	-0,4990 (0,208)	0,7331 (0,001)	0,6212 (0,010)	-0,2175 (0,605)	-0,7244 (0,002)	-0,6074 (0,013)	0,3938 (0,334)	-0,3947 (0,130)	-0,3046 (0,251)	0,4681 (0,242)
IT-IS	0,4807 (0,059)	0,4789 (0,061)	0,4412 (0,274)	-0,8441 (0,000)	-0,8405 (0,000)	-0,8146 (0,014)	0,7896 (0,000)	0,7889 (0,000)	0,6602 (0,075)	0,5413 (0,030)	0,5277 (0,036)	0,5162 (0,190)
EM-IS	0,4349 (0,092)	0,4277 (0,098)	0,2258 (0,591)	-0,7224 (0,002)	-0,7842 (0,000)	-0,9517 (0,000)	0,6437 (0,007)	0,7203 (0,002)	0,8735 (0,005)	0,5260 (0,036)	0,5475 (0,028)	0,7582 (0,029)
Santa Maria												
EM-IT	-0,2198 (0,601)	-0,3265 (0,430)	-0,4990 (0,208)	0,6831 (0,062)	0,4983 (0,209)	-0,2175 (0,605)	-0,5665 (0,143)	-0,3509 (0,394)	0,3938 (0,334)	-0,4976 (0,210)	-0,2726 (0,514)	0,4681 (0,242)
IT-IS	0,3886 (0,341)	0,4073 (0,317)	0,4412 (0,274)	-0,8228 (0,012)	-0,8214 (0,012)	-0,8146 (0,014)	0,6614 (0,074)	0,6610 (0,074)	0,6602 (0,075)	0,5649 (0,145)	0,5498 (0,158)	0,1620 (0,190)
EM-IS	0,4996 (0,207)	0,3905 (0,339)	0,2258 (0,591)	-0,8359 (0,010)	-0,9024 (0,002)	-0,9517 (0,000)	0,6541 (0,078)	0,7621 (0,028)	0,8735 (0,005)	0,5447 (0,163)	0,6477 (0,082)	0,7582 (0,029)
Júlio de Castilhos												
EM-IT	-0,5276 (0,179)	-0,4860 (0,222)	-0,3071 (0,459)	0,8229 (0,012)	0,7783 (0,023)	0,5707 (0,140)	-0,8820 (0,004)	-0,8402 (0,009)	-0,6382 (0,089)	-0,4822 (0,226)	-0,4515 (0,261)	-0,3145 (0,448)
IT-IS	0,5034 (0,203)	0,4924 (0,215)	0,4664 (0,244)	-0,9094 (0,002)	-0,9038 (0,002)	-0,8884 (0,003)	0,9697 (0,000)	0,9659 (0,000)	0,9539 (0,000)	0,5252 (0,181)	0,5125 (0,194)	0,4838 (0,225)
EM-IS	0,3709 (0,366)	0,4053 (0,319)	0,4517 (0,261)	-0,7802 (0,022)	-0,8191 (0,013)	-0,8658 (0,005)	0,8280 (0,011)	0,8697 (0,005)	0,9201 (0,001)	0,4447 (0,270)	0,4578 (0,254)	0,4701 (0,240)

**ARTIGO – DORMÊNCIA E DOMINÂNCIA APICAL DE DIFERENTES
TAMANHOS DE TUBÉRCULOS DE BATATA**

MULLER, D.R.; BISOGNIN, D.A.; MORIN, G.R.; GNOCATO, F.S. Dormência e dominância apical de diferentes tamanhos de tubérculos de batata. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.12, p.2454-2459, 2010.

Dormência e dominância apical de diferentes tamanhos de tubérculos de batata

Dormancy and apical dominance of different sizes of potato tubers

Douglas Renato Müller^I Dilson Antonio Bisognin^{II} Glademir Roque Morin^{III}
Francisco Saccol Gnocato^{III}

RESUMO

O tamanho dos tubérculos de batata produzidos em uma mesma cova é um indicativo da idade fisiológica e do período necessário para o rompimento da dormência e da dominância apical, o que é fundamental para o adequado manejo pós-colheita. O objetivo deste trabalho foi avaliar o período de dormência e de dominância apical em diferentes tamanhos de tubérculos de três clones de batata, produzidos no outono e submetidos a duas temperaturas de armazenamento. Os tubérculos foram produzidos em campo durante o outono de 2008, sendo colhidas dez covas por clone. Os tubérculos de cada cova foram individualmente identificados e avaliados para massa fresca, comprimento e maior e menor diâmetros, divididos em dois lotes de cinco covas e armazenados, respectivamente, nas temperaturas de 10 e 20°C±2°C e 85%±5% de umidade relativa, por 170 dias. O rompimento da dormência e da dominância apical foram anotados quando o tubérculo apresentou, respectivamente, um ou dois brotos. O experimento foi conduzido em um fatorial de três clones (SMINIA00017-6, SMIJ461-1 e Asterix), duas temperaturas de armazenamento (10 e 20°C) e três tipos de tubérculo (menor diâmetro inferior a 35mm, entre 35 e 45mm e superior a 45mm), no delineamento experimental inteiramente casualizado. A partir dos resultados, concluiu-se que a idade fisiológica varia com o tamanho dos tubérculos de batata, sendo que tubérculos com diâmetro inferior a 35mm apresentam maior período de dormência. Além disso, foi constatado que a temperatura de armazenamento de 20°C é mais eficaz para o rompimento da dormência do que da dominância apical.

Palavras-chave: *Solanum tuberosum* L., batata-semente, idade fisiológica, armazenamento, brotação.

ABSTRACT

The size of potato tubers produced in the same hill is an indicator of the physiological age and the time required to break dormancy and apical dominance, which is essential for the proper post-harvest management. The objective of this study was to evaluate the period of dormancy and apical dominance of different tuber sizes of three potato clones produced in the fall and submitted to two storage temperatures. Field produced tubers were harvested from ten hills per clone. The tubers were individually identified and assessed for fresh weight, length and major and minor diameters. One lot of five hills per clone was stored at 10°C and other at 20°C±2 and 85±5% relative humidity for 170 days. Breaking of dormancy and apical dominance were recorded when the tuber produced, respectively, one or two sprouts. The experiment was a factorial of three clones (SMINIA00017-6, SMIJ461-1 and Asterix), two storage temperatures (10 and 20°C) and three types of tubers (smaller diameter less than 35mm, between 35 and 45mm and larger than 45mm) in a completely randomized design. In conclusion, the results showed that physiological age varies with the size of the potato tubers, and tubers with diameter smaller than 35mm have longer dormancy than those larger than 35mm. Moreover, the storage temperature of 20°C is more effective to break the dormancy than the apical dominance.

Key words: *Solanum tuberosum* L., potato seeds, physiological age, storage, sprouting.

INTRODUÇÃO

A atividade metabólica dos tubérculos de batata (*Solanum tuberosum* L.) está diretamente

^IColégio Agrícola de Frederico Westphalen, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Frederico Westphalen, RS, Brasil.

^{II}Departamento de Fitotecnia, UFSM, Av. Roraima, 1000, Bairro Camobi, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: dilsonb@smail.ufsm.br. Autor para correspondência.

^{III}Curso de Agronomia, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

associada à idade fisiológica e à maturidade deles, caracterizada pelos estágios de dormência, dominância apical, plena brotação e senescência (BISOGNIN et al., 2008). O final do período de dormência dos tubérculos é caracterizado pelo início da brotação, no qual se observa, em algumas cultivares, a dominância apical, caracterizada pelo crescimento da gema apical e inibição da brotação das gemas laterais. O plantio de tubérculos nesse estágio de brotação resulta em uma lavoura com poucas hastes, não uniforme e de baixo potencial produtivo (HIRANO, 2003; BISOGNIN et al., 2008). A remoção da gema apical ou a atenuação da dominância apical estimula a brotação das gemas laterais (BEUKEMA & VANDER ZAAG, 1990). A plena brotação é caracterizada pelo desenvolvimento da maioria dos brotos, até a ramificação dos mais velhos (FONTES & FINGER, 2000), sendo este considerado o momento ideal para o plantio dos tubérculos (HIRANO, 2003; BISOGNIN et al., 2008).

Apesar de a dormência ser um caráter genético, o balanço hormonal entre promotores e inibidores do crescimento é muito influenciado pela idade fisiológica dos tubérculos, época de cultivo, temperatura de armazenamento, infecção por patógenos, tamanho dos tubérculos e condições ambientais durante o crescimento e desenvolvimento das plantas (ITTERSUM et al., 1993; PÓGI & BRINHOLI, 1995; FONTES & FINGER, 2000; BISOGNIN et al., 2008). Estações de cultivo com temperaturas amenas e alta disponibilidade hídrica resultam na produção de tubérculos com maior período de dormência do que aqueles provenientes de estações de cultivo com temperaturas altas e déficit hídrico (FONTES & FINGER, 1999). Além disso, altas temperaturas durante o crescimento dos tubérculos promove um avanço da idade fisiológica e uma redução do período de dormência (CALDIZ et al., 2001), fazendo com que tubérculos produzidos durante o outono apresentem maior período de dormência do que aqueles produzidos na primavera (BISOGNIN et al., 2008).

Os tubérculos de uma mesma cova diferem quanto ao tamanho, pois a sua diferenciação nos estolões ocorre em uma escala de tempo, o que pode afetar a idade fisiológica. Tubérculos pequenos e imaturos apresentam maior período de dormência do que tubérculos grandes e com idade fisiológica avançada (BEUKEMA & VAN DEER ZAAG, 1990; ITTERSUM et al., 1993; PÓGI & BRINHOLI, 1995). A extensão de como a idade fisiológica dos tubérculos afeta o armazenamento depende da cultivar (DRISKILL Jr. et al., 2007), mas as épocas de cultivo de primavera e outono podem superar as diferenças genéticas. Tubérculos produzidos durante o cultivo de primavera

atingem similar idade fisiológica na metade do tempo de armazenamento a 12°C, diferente daqueles produzidos durante o outono (BISOGNIN et al., 2008), ou seja, as condições de cultivo de outono prolongam a dormência dos tubérculos. A dormência também deve ser considerada quando os tubérculos são utilizados como semente. Tubérculos grandes apresentam uma rápida emergência de um grande número de hastes e hastes mais altas do que tubérculos pequenos, o que requer o plantio em separado e em diferentes densidades (BISOGNIN et al., 1998).

Portanto, qualquer fator que favoreça os promotores em detrimento dos inibidores do crescimento aumenta a atividade metabólica dos tubérculos e diminui o período de dormência, mesmo durante o armazenamento. Além disso, o tamanho dos tubérculos deve ser considerado tanto para o seu próprio armazenamento quanto para o plantio da batata-semente. A disponibilidade de clones, com diferentes períodos de dormência e de dominância apical, de época de cultivo que maximiza a dormência e de condições controladas de armazenamento, possibilita avaliar conjuntamente os possíveis efeitos sobre a idade fisiológica dos tubérculos de batata de diferentes tamanhos e oriundos de uma mesma cova.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o período de dormência e de dominância apical de diferentes tamanhos de tubérculos de três clones de batata, produzidos no outono e submetidos a duas temperaturas de armazenamento.

MATERIAL E MÉTODOS

Os tubérculos de dois clones avançados (SMIJ461-1 e SMINIA00017-6) do Programa de Genética e Melhoramento de Batata da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e a cultivar Asterix, amplamente cultivada na região central do Rio Grande do Sul (RS), foram produzidos no campo experimental do Departamento de Fitotecnia da UFSM, RS, durante o cultivo de outono de 2008. Para simplificação, a cultivar Asterix também será referida como clone. A escolha dos clones se deveu às diferenças da duração do período de dormência, o que é desejável para aumentar a inferência dos resultados. Os tratos culturais, o manejo das plantas e a dessecação da parte aérea com Paraquat, 10 dias antes da colheita, seguiram as recomendações técnicas para o cultivo da batata (BISOGNIN, 1996). Foram colhidos separadamente todos os tubérculos dos três clones produzidos em dez covas. Após a cura (armazenamento a 20°C por 15 dias para a suberização da periderme), os tubérculos de cada cova foram individualmente identificados e

avaliados para massa fresca, comprimento e maior e menor diâmetros. Os tubérculos de cada clone foram divididos em dois lotes de cinco covas e armazenados nas temperaturas de 10 e 20°C±2°C, para diferenciar a duração do período de dormência, em julho de 2008. A umidade relativa do ar no interior das câmaras foi mantida em 85%±5%.

Semanalmente, foi contado o número de brotos por tubérculo até dezembro de 2008. O rompimento da dormência e da dominância apical foi anotado quando o tubérculo apresentou, respectivamente, um ou dois brotos. Foi considerado broto quando este apresentava 2mm de comprimento (COLEMAN, 1998). Os dados dos tubérculos que não apresentaram rompimento da dormência ou da dominância apical durante o período de 170 dias de armazenamento não foram utilizados para a análise.

O experimento foi conduzido em um fatorial de três clones (SMINIA00017-6, SMIJ461-1 e Asterix), duas temperaturas de armazenamento (10 e 20°C) e três tipos de tubérculo (menor diâmetro inferior a 35mm, entre 35 e 45mm e superior a 45mm), no delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco repetições de uma cova. Os dados foram submetidos à análise da variância e as médias comparadas pelo teste Tukey. Os dados de número de dias até o rompimento da dormência e da dominância apical dos tubérculos foram submetidos à análise de correlação de Pearson com o comprimento, menor e maior diâmetros e massa fresca. As análises foram realizadas com o auxílio do programa NTIA (EMBRAPA, 1997) e significância de 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os tamanhos de tubérculo separados pelo menor diâmetro em inferior a 35mm, entre 35 e 45mm, e superior a 45mm resultou em uma quantidade equilibrada de tubérculos dos diferentes clones que romperam tanto a dormência quanto a dominância apical até os 170 dias de armazenamento (Tabela 1). As diferenças de massa fresca média encontradas entre tipos e clones eram esperadas, uma vez que essas diferenças são consequência dos diferentes formatos de tubérculo. O clone SMIJ461-1 apresenta tubérculos arredondados e os demais são alongados.

A análise da variância não mostrou diferenças significativas ($P < 0,05$) para as interações entre clones, temperaturas de armazenamento e tipos de tubérculo (Tabela 2). Entretanto, houve diferenças significativas entre clones, temperaturas de armazenamento e tipos de tubérculo. Asterix apresentou o maior número de dias necessários, tanto para o

Tabela 1 – Massa fresca média e número e percentagem de tubérculos que apresentaram rompimento da dormência e da dominância apical para cada tipo de tubérculo de três clones de batata produzidos no outono e armazenados durante 170 dias a 10 e 20°C.

Clones de batata	Tipo de tubérculo*	Massa fresca média (g)	Número de tubérculos	% de tubérculos
----- Rompimento da dormência -----				
Asterix	< 35	15,01	27	54,0
	35-45	36,91	10	20,0
	>45	86,46	13	26,0
SMIJ461-1	< 35	12,82	21	37,5
	35-45	32,32	18	32,1
	>45	80,95	17	30,4
SMINIA00017-6	< 35	14,52	33	35,9
	35-45	42,82	31	33,7
	>45	73,44	28	30,4
----- Rompimento da dominância apical -----				
Asterix	< 35	19,03	11	37,9
	35-45	40,66	7	24,2
	>45	87,60	11	37,9
SMIJ461-1	< 35	16,86	6	20,7
	35-45	34,36	8	27,6
	>45	83,85	15	51,7
SMINIA00017-6	< 35	16,00	9	20,5
	35-45	47,67	17	38,6
	>45	77,52	18	40,9

* Classificados conforme o menor diâmetro medido em mm.

rompimento da dormência quanto da dominância apical. O período de dormência do clone SMINIA00017-6 foi 29% menor do que da Asterix. As diferenças entre clones confirmam que o período necessário para o

Tabela 2 – Número de dias até o rompimento da dormência e da dominância apical de tubérculos de três clones de batata produzidos no outono, separados por tipo e armazenados a 10 e 20°C.

Tratamentos	Dias de armazenamento para o rompimento	
	Dormência	Dominância apical
Clones		
Asterix	136,75 A a	145,76 A a
SMIJ461-1	109,14 A b	122,76 A b
SMINIA00017-6	97,12 B c	113,02 A b
Temperatura		
10°C	132,42 A a	134,67 A a
20°C	96,73 B b	120,16 A b
Tipo de tubérculo		
<35 mm	118,33 B a	133,54 A a
35-45 mm	111,24 A b	125,34 A a b
>45 mm	108,70 A b	122,38 A b
CV(%)	7,81	10,63

Médias não seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro.

rompimento da dormência e da dominância apical, bem como o período entre o rompimento da dormência e da dominância apical são caracteres genéticos. O clone SMINIA00017-6 foi o único que diferiu quanto à duração do período de dominância apical, ou seja, o período entre o rompimento da dormência e da dominância apical. A dominância apical é indesejável para a batata-semente, pois o plantio nesse estágio resulta em uma lavoura com poucas hastes e baixo potencial produtivo (HIRANO, 2003; BISOGNIN et al., 2008).

Tubérculos armazenados a 10°C apresentaram maior período de dormência e de dominância apical do que aqueles armazenados a 20°C (Tabela 2). Entretanto, a temperatura de armazenamento de 10°C promoveu o rompimento da dominância apical praticamente junto com a dormência, ou seja, assim que rompeu a dormência ocorreu a brotação múltipla dos tubérculos, caracterizando o estágio de plena brotação. Portanto, a temperatura de 20°C adiantou e a 10°C atrasou a brotação dos tubérculos, confirmando o efeito da elevação da temperatura de 10°C para 20°C no rompimento da dormência (BEUKEMA & VAN DER ZAAG, 1990). Além disso, a temperatura de 20°C foi mais eficaz em romper a dormência. A aspersão dos tubérculos com ácido giberélico também adianta a brotação. A aplicação de 30mg L⁻¹ de ácido giberélico reduz o período até a emergência das hastes em 25% e aumenta tanto o número de hastes por m² em 37,8% quanto o rendimento total em 13,8% em relação ao controle (BISOGNIN et al., 1998). Entretanto, a eficácia do tratamento depende do nível de dormência dos tubérculos, pois minitubérculos do clone SMIJ461-1 produzidos no outono não romperam a dormência até os 60 dias de armazenamento a 20°C, sendo que aqueles da cultivar 'Macaca' romperam a dormência e a dominância apical (BENEDETTI et al., 2005).

Tubérculos pequenos apresentaram maior período de dormência e de dominância apical do que tubérculos grandes (Tabela 2). Além disso, tubérculos com menor diâmetro, inferiores a 35mm, diferiram quanto à duração do período de dominância apical. Esses resultados mostram que há uma relação entre o tamanho e a idade fisiológica dos tubérculos em uma mesma cova, ou seja, tubérculos maiores têm idade fisiológica mais avançada do que os menores e, em consequência, menor período de dormência. Além disso, tubérculos com menor diâmetro, superior a 35mm, já apresentaram idade fisiológica avançada, pois não diferiram daqueles com menor diâmetro, superior a 45mm, quanto ao número de dias necessários para o rompimento da dormência e da dominância apical. Portanto, os tubérculos podem ser separados pelo

menor diâmetro em maiores e menores do que 35mm. Entretanto, para o plantio, os tubérculos-semente devem ser classificados em um maior número de tipos com a finalidade de uniformizar a densidade de hastes e a altura das plantas, facilitar o manejo e os tratos culturais bem como maximizar o rendimento (BISOGNIN et al., 1998).

O tamanho do tubérculo, caracterizado pela massa fresca, pelo comprimento e pelo maior e menor diâmetros, apresentou um maior número de correlação linear significativa com o número de dias necessários para o rompimento da dormência, diferente da dominância apical (Tabela 3). Em geral, a análise de correlação mostrou que quanto maior a massa fresca do tubérculo menor foi o período de dormência. Correlações lineares não significativas somente foram obtidas para os tubérculos dos clones Asterix, armazenados a 10°C e SMINIA00017-6, armazenados a 20°C. Esses resultados podem estar associados ao fato de que o clone Asterix apresentou o maior e o clone SMINIA00017-6 o menor período de dormência e que o armazenamento a 10°C retardou a brotação dos tubérculos (Tabela 1). Correlações significativas entre o tamanho do tubérculo e o número de dias necessários para o rompimento da dominância apical somente foram obtidos para os clones SMIJ461-1 e SMINIA00017-6, armazenados 10°C. Esses resultados podem estar associados ao maior período de dominância apical dos tubérculos armazenados a 20°C do que a 10°C (Tabela 1), ou seja, as diferenças de idade fisiológica foram mascaradas pelo armazenamento a 20°C, cuja temperatura foi pouco eficaz em romper a dominância apical dos tubérculos.

O rompimento da dormência e da dominância apical são dois eventos fisiológicos importantes, tanto para os tubérculos destinados ao consumo quanto para semente. A manutenção da dormência é fundamental para a qualidade dos tubérculos, pois o início da brotação desencadeia um processo contínuo de aumento da percentagem de tubérculos brotados e do número de brotos por tubérculo, que resultam em um aumento da respiração e das perdas de massa fresca (BISOGNIN et al., 2008). Portanto, a brotação dos tubérculos promove perdas qualitativas e quantitativas, devido ao aumento da atividade metabólica. Considerando que nas principais regiões produtoras do Rio Grande do Sul a batata pode ser cultivada em duas safras anuais, o rompimento da dormência e da dominância apical é necessário para as cultivares cujos períodos são maiores do que o de entre safras (BISOGNIN, 1996; BISOGNIN et al., 2008). O desenvolvimento de novas cultivares de curta dormência pode reduzir muito o tempo disponível para

Tabela 3 – Correlação entre as variáveis de tamanho de tubérculos e número de dias necessários até o rompimento da dormência e da dominância apical de três clones de batata produzidos no outono e armazenados a 10°C e 20°C.

Clones de batata	-----Diâmetro (mm)-----		Comprimento (mm)	Massa fresca Média (g)
	Menor	Maior		
-----Dias até o rompimento da dormência-----				
Asterix (10°C)	0,20 (0,481) ¹	0,09 (0,760)	-0,02 (0,936)	-0,59 (0,000)
Asterix (20°C)	-0,48 (0,003)	-0,45 (0,006)	-0,54 (0,001)	-0,47 (0,004)
SMIJ461-1 (10°C)	-0,58 (0,002)	-0,48 (0,012)	-0,48 (0,012)	-0,47 (0,014)
SMIJ461-1 (20°C)	-0,56 (0,001)	-0,55 (0,001)	-0,47 (0,009)	-0,48 (0,008)
SMINIA00017-6 (10°C)	-0,70 (0,000)	-0,60 (0,000)	-0,63 (0,000)	-0,59 (0,000)
SMINIA00017-6 (20°C)	-0,31 (0,025)	0,01 (0,958)	-0,34 (0,014)	-0,21 (0,123)
-----Dias até o rompimento da dominância apical-----				
Asterix (10°C)	0,13 (0,719)	-0,17 (0,634)	-0,28 (0,424)	-0,24 (0,501)
Asterix (20°C)	-0,35 (0,140)	-0,36 (0,131)	-0,43 (0,068)	-0,45 (0,054)
SMIJ461-1 (10°C)	-0,91 (0,001)	-0,68 (0,042)	-0,76 (0,018)	-0,72 (0,029)
SMIJ461-1 (20°C)	-0,19 (0,432)	-0,14 (0,556)	-0,10 (0,669)	-0,12 (0,609)
SMINIA00017-6 (10°C)	-0,52 (0,005)	-0,39 (0,042)	-0,50 (0,008)	-0,45 (0,018)
SMINIA00017-6 (20°C)	-0,31 (0,231)	0,27 (0,290)	-0,35 (0,171)	-0,37 (0,138)

¹ Probabilidade para determinar a significância da correlação.

a comercialização ou a utilização dos tubérculos, pois a brotação aumenta as perdas de massa fresca e deprecia o produto para o comércio *in natura*, além de o acúmulo de açúcares redutores inviabilizar o processamento industrial, o que invariavelmente reduz o retorno econômico (BEUKEMA & VAN DER ZAAG, 1990). O crescimento e a ramificação contínua dos brotos promovem o esgotamento das reservas dos tubérculos, que seriam necessárias para a adequada emergência das hastes, quando utilizados como batata-semente. Esse processo de perdas qualitativas e quantitativas desencadeado pela brotação dos tubérculos independe da cultivar e das condições de cultivo, já que a temperatura de armazenamento exerce pouca influência sobre este procedimento (BISOGNIN et al., 2008).

Os resultados deste trabalho estão de acordo com a literatura de que a dormência e a dominância apical dos tubérculos de batata são caracteres genéticos e que a elevação da temperatura de armazenamento promove o rompimento da dormência e da dominância apical (BEUKEMA & VAN DER ZAAG, 1990), mesmo de 10°C para 20°C. Considerando os diferentes tamanhos de tubérculos e clones avaliados neste trabalho, a temperatura de armazenamento de 20°C foi mais eficaz para o rompimento da dormência do que da dominância apical. Como a redução da temperatura de armazenamento aumentou o período de dormência e reduziu as perdas de massa fresca dos tubérculos (BISOGNIN et al., 2008) e a temperatura de 10°C foi mais eficaz em romper a dominância apical, o

armazenamento da batata-semente deve ser feito em temperaturas mais baixas, desde que haja disponibilidade de tempo até o próximo plantio. Também, a idade fisiológica está associada ao tamanho dos tubérculos, podendo ser considerado o menor diâmetro de 35mm para separar o comportamento fisiológico dos tubérculos, medido pelo período de dormência e de dominância apical. Tanto o menor diâmetro, que é usado para classificar comercialmente a batata, quanto os demais parâmetros utilizados para caracterizar o tamanho de tubérculo estiveram inversamente correlacionados com o número de dias até o rompimento da dormência. No entanto, as variações de tamanho e idade fisiológica dos tubérculos podem ser superadas com o adequado manejo pós-colheita, desde que respeitadas as diferenças de idade fisiológica associadas ao menor diâmetro, superior ou inferior a 35mm. Portanto, parâmetros como a idade fisiológica, o tempo disponível para o armazenamento e a finalidade de uso dos tubérculos devem ser considerados para definir a temperatura ideal de armazenamento.

CONCLUSÃO

A partir dos resultados, conclui-se que a idade fisiológica varia com o tamanho dos tubérculos de batata, sendo que tubérculos com menor diâmetro, inferiores a 35mm, apresentam maior período de dormência. Além disso, a temperatura de

armazenamento de 20°C é mais eficaz para o rompimento da dormência do que da dominância apical.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo financiamento parcial e pela concessão de bolsas de pesquisa e iniciação científica, e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), pela concessão de bolsa de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

BENEDETTI, M. et al. Quebra de dormência de minitubérculos de batata. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.1, p.31-38, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782005000100006&script=sci_arttext>. Acesso em: 08 out. 2009. doi: 10.1590/S0103-84782005000100006.

BEUKEMA, H.P.; VAN DER ZAAG, D.E. **Introduction to potato production**. Wageningen: PUDOC, 1990. 208p.

BISOGNIN, D.A. **Recomendações técnicas para o cultivo da batata no Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1996. 64p.

BISOGNIN, D.A. et al. Uso do ácido giberélico na quebra de dormência e de dominância apical em batata. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.28, n.2, p.205-213, 1998. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84781998000200004>. Acesso em: 08 out. 2009. doi: 10.1590/S0103-84781998000200004.

BISOGNIN, D.A. et al. Envelhecimento fisiológico de tubérculos de batata produzidos durante o outono e a primavera e armazenados em diferentes temperaturas. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.1, p.59-65, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052008000100007&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 12 out. 2009. doi: 10.1590/S0006-87052008000100007.

CALDIZ, D.O. et al. Physiological age index: a new, simple and reliable index to assess the physiological age of seed potato tubers based on haulm killing date and length of the incubation period. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.69, n. 1, p.69-79, 2001. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6T6M-41TN40H-6-F&_cdi=5034&_user=687358&_pii=S0378429000001349&_orig=search&_coverDate=01%2F31%2F2001&_s=9993099>.

98&view=c&wchp=dGLbVlbzSkzS&md5=7c179c2021b7e80793088fd153b82c56&ie=/sdarticle.pdf>. Acesso em: 12 out. 2009. doi: 10.1016/S0378-4290(00)00134-9.

COLEMAN, W.K. Carbon dioxide, oxygen and ethylene effects on potato tuber dormancy release and sprout growth. **Annals of Botany**, Oxford, v.82, p.21-27, 1998. Disponível em: <<http://aob.oxfordjournals.org/cgi/reprint/82/1/21?maxtoshow=&hits=10&RESULTFORMAT=1&title=Carbon+dioxide%2C+oxygen+and+ethylene+effects+on+potato+tuber+dormancy+release+and&andorexactitle=and&andorexactitleabs=and&andorexactfulltext=and&searchid=1&FIRSTINDEX=0&sortspec=relevance&resourcetype=HWCIT>>. Acesso em: 12 nov. 2009.

DRISKILL Jr., E.P. et al. Temperature-induced changes in potato processing quality during storage are modulated by tuber maturity. **American Journal of Potato Research**, Maine, v.84, n.5, p.367-383, 2007. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/363g59465775h34n/fulltext.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2009. doi:10.1007/BF02987183.

EMBRAPA. **Ambiente de software NTIA**: manual do usuário. Campinas: Embrapa-CNPq, 1997. 258p. (versão 4.2.2).

FONTES, P.C.R.; FINGER, F.L. Dormência dos tubérculos, crescimento da parte aérea e tuberização da batateira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.20, n.197, p.24-29, 1999.

FONTES, P.C.R.; FINGER, F.L. **Pós-colheita do tubérculo de batata**. Viçosa: UFV, 2000. 32p.

HIRANO, E. Colheita e pós-colheita de batata-semente. In: PEREIRA, S.A.; DANIELS, J. **O cultivo da batata na Região Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa, 2003. p.509-528.

ITTERSUM, M.K.V. et al. Advancing growth vigor of seed potatoes by a halum application of gibberellic acid and storage temperature regimes. **American Potato Journal**, Maine, v.70, n.1, p.21-34, 1993.

PÓGI, M.C.; BRINHOLI, O. Efeitos da maturidade, do peso da batata-semente e da quebra da dormência sobre a cultivar de batata (*Solanum tuberosum* L.) Itaráre (IAC 5986). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.11, p.1305-1311, 1995. Disponível em: <[http://webnotes.sct.embrapa.br/pab/pab.nsf/4b9327fc a7fac cde032564ce004f7a6a/6f68303d1c7f06ba032567db004ca832/\\$FILE/pab95_04_nov.pdf](http://webnotes.sct.embrapa.br/pab/pab.nsf/4b9327fc a7fac cde032564ce004f7a6a/6f68303d1c7f06ba032567db004ca832/$FILE/pab95_04_nov.pdf)>. Acesso em: 01 nov. 2009.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cultivo da batata em condições subtropicais, como é o caso da região central do Rio Grande do Sul, possibilita o plantio em duas épocas do ano, primavera e outono. Enquanto no cultivo de primavera, o fotoperíodo e a disponibilidade de radiação solar e temperatura aumentam à medida que ocorre o desenvolvimento das plantas de batata, no outono, essas variáveis têm características inversas ao ciclo de desenvolvimento. Devido a essas condições ambientais, o ciclo de cultivo tem maior duração quando realizado na primavera, favorecendo maior desenvolvimento e maturidade dos tubérculos, o que afeta a brotação e a qualidade. No entanto, além das condições ambientais distintas entre épocas, o local de cultivo também afeta o desenvolvimento, a maturidade e, em consequência, a idade fisiológica dos tubérculos. Assim, em locais de clima subtropical e altitude superior a 600m é recomendado apenas um cultivo anual, devido a limitações relacionadas, principalmente, às baixas temperaturas.

Apesar da variação de condições ambientais entre cultivos e locais, a temperatura tem sido amplamente utilizada como referencial para a estimativa do desenvolvimento vegetal, afetando, no caso da batata, tanto no período de desenvolvimento dos tubérculos, como no pós colheita. Os resultados desse trabalho, além de indicarem e confirmarem o efeito da temperatura de armazenamento no período pós colheita, demonstraram que o acúmulo térmico durante o desenvolvimento dos tubérculos é correlacionado com a brotação e a qualidade destes, podendo ser uma importante ferramenta na tomada de decisão com relação ao manejo pós colheita. Porém, nem todos os caracteres estudados apresentaram correlação significativa com a soma térmica acumulada, assim como nem os dois locais de cultivo e fases do ciclo consideradas.

O período de dormência, embora seja usualmente utilizado para classificar clones e cultivares, é influenciado pelas condições ambientais que os tubérculos são submetidos durante o desenvolvimento e maturação. Nas condições de cultivo do Rio Grande do Sul, maior período de dormência é observado para tubérculos produzidos no cultivo de outono em relação à primavera. Isso pode estar relacionado à imaturidade desses tubérculos, devido à precocidade de ciclo imposto pelas condições de baixa temperatura e disponibilidade de radiação solar que ocorrem no final do cultivo. Além disso, a progressiva diminuição da temperatura, característica do cultivo de outono, pode estar relacionada a uma elevação das concentrações de ácido abscísico, que é um importante promotor da dormência em sementes,

gemas e tubérculos. Ou seja, para o cultivo de outono há um conjunto de fatores ambientais favoráveis aos tubérculos apresentarem maior dormência, embora haja variação entre clones.

Além da época, também foi observada variação na duração do período de dormência quando comparados diferentes locais de cultivo. As condições ambientais de Júlio de Castilhos resultaram na produção de tubérculos com maior porcentagem e número de brotos, quando comparado aqueles produzidos em Santa Maria. Em Júlio de Castilhos também foi observado um maior acúmulo térmico. Isso confirma a hipótese de que um maior acúmulo térmico pode ser indicativo de menor nível de dormência, devido à maturidade e idade fisiológica alcançada pelos tubérculos por ocasião da colheita. Os resultados deste trabalho também indicam que a maturidade e a idade fisiológica dos tubérculos são relacionados com o tamanho, uma vez que aqueles com menor diâmetro inferior a 35mm apresentaram maior período de dormência e de dominância apical, quando comparado aqueles com menor diâmetro superior a 35mm. Isso demonstra a necessidade da classificação dos tubérculos pelo tamanho, para o adequado manejo da brotação durante o período pós colheita, uma vez que a idade fisiológica do tubérculo semente afeta importantes componentes do rendimento.

Assim como para a brotação, a soma térmica acumulada também foi correlacionada com alguns caracteres relacionados à qualidade de processamento dos tubérculos, como os teores de amido e de açúcares redutores. As condições ambientais do cultivo de primavera, e em Júlio de Castilhos, resultaram em menores teores de açúcares redutores e maiores teores de amido, quando comparado ao cultivo de outono e em Santa Maria. Assim, tanto as condições de cultivo de primavera quanto do local Júlio de Castilhos, resultaram na produção de tubérculos com maturidade fisiológica mais avançada. Nessas condições de cultivo também foi observada maior soma térmica acumulada nas fases EM-IS ou IT-IS, o que está de acordo com a maturidade fisiológica mais avançada e, em consequência, com maiores teores de amido e menores teores de açúcares redutores. No entanto, apesar de o amido corresponder a maior fração da massa seca, os resultados encontrados indicaram correlações pouco significativas para massa seca, o que pode estar relacionado com o grau de influência do ambiente na expressão de determinado carácter. Nesse sentido, açúcares redutores e amido são mais afetados pelo ambiente quando comparado à massa seca, o que sugere uma seleção primária de clones para massa seca, porém maior sucesso de modelagem para os teores de açúcares redutores e amido. O teor de massa seca foi o único carácter de qualidade de tubérculo que apresentou ganho genético similar nos cultivos de primavera e outono (MÜLLER et al., 2009), demonstrando a grande importância do componente genético para o fenótipo do carácter.

Visando uma maior inferência para os resultados obtidos, utilizaram-se nesse trabalho clones com distintos graus de dormência, qualidade de tubérculo e adaptação às condições de cultivo do Rio Grande do Sul, locais com diferentes condições ambientais e cultivos com características contrastantes de temperatura, fotoperíodo e disponibilidade de radiação solar, além de duas temperaturas de armazenamento. A partir disso, pode-se concluir que as condições ambientais a que as plantas de batata estão submetidas durante o cultivo afetam a maturidade e a idade fisiológica dos tubérculos por ocasião da colheita e, conseqüentemente, a brotação e a qualidade dos mesmos durante o armazenamento. Apesar disso, os resultados encontrados indicam alta associação entre o número e a porcentagem de tubérculos brotados, além dos teores de açúcares redutores e de amido, com a soma térmica acumulada nas fases EM-IS ou IT-IS, o que pode se constituir em uma importante ferramenta para inferir sobre a brotação e a qualidade de processamento desses tubérculos, bem como no manejo pós colheita. Porém, embora haja diferenças entre locais de cultivo, maior atenção deve ser dada ao cultivo de outono, onde todas as práticas de manejo devam favorecer a maior duração e acúmulo de graus dia, principalmente da fase IT-IS, para que se possam obter tubérculos com qualidade adequada e que atenda as exigências para processamento industrial na forma de chips e, no caso de tubérculos destinados a semente, alcançar idade fisiológica que possibilite a plena brotação até o próximo plantio. Além disso, quando o objetivo do armazenamento dos tubérculos é o processamento industrial, o armazenamento a temperatura de 10°C não afetou os principais componentes de qualidade quando comparado aqueles armazenados a 20°C, além de reduzir as porcentagens de perda de massa fresca e retardar o início da brotação, momento a partir do qual ocorre uma perda acentuada de massa fresca e qualidade. Já para aqueles destinados a semente, embora os resultados desse trabalho não indiquem um modelo matemático, permite inferir que a soma térmica acumulada nas fases EM-IS ou IT-IS pode ser um indicativo da temperatura de armazenamento a ser adotada, com base no intervalo entre cultivos, sempre levando em consideração o fator cultivar, uma vez que a velocidade de avanço na idade fisiológica dos tubérculos é muito dependente da cultivar.

Assim, os principais avanços desse trabalho podem ser relacionados à possibilidade da modelagem da brotação e dos parâmetros de qualidade de tubérculo, como os teores de amido e açúcares redutores, a partir da soma térmica acumulada nas fases EM-IS ou IT-IS. O acúmulo da soma térmica deve ser calculada conforme o método três, que considera as três temperaturas cardeais e impõe restrições às temperaturas acima da ótima considerada. O método três foi o que resultou em melhores níveis de significância e em maior número de

correlações significativas para as fases acima citadas, do que os métodos um e dois, por tratar-se de uma cultura adaptada a regiões e épocas de cultivo sob temperaturas amenas.

7. CONCLUSÕES

Existe uma relação entre a soma térmica acumulada e a idade fisiológica dos tubérculos, pois quanto maior a soma térmica acumulada durante a emergência e o início da senescência ou entre o início da tuberização e o início da senescência, maior a porcentagem, o número de brotos por tubérculo e o teor de amido e menor o teor de açúcares redutores dos tubérculos de batata.

O cálculo da soma térmica a partir do método três proporciona os melhores níveis de significância e um maior número de correlações significativas para as fases EM-IS e IT-IS, do que os métodos um e dois.

A idade fisiológica varia com o tamanho dos tubérculos de batata, sendo que tubérculos dos clones Asterix, SMIJ461-1 e SMINIA00017-6, com menor diâmetro inferior a 35mm, apresentam maior período de dormência.

A temperatura de armazenamento de 20°C é mais eficaz que a de 10°C para o rompimento da dormência do que da dominância apical.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRIOLO, J.L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria: Ed. da UFSM, 1999.

AYUB, R.A. et al. Ácido giberélico, bissulfureto de carbono e ácido 2-4 cloroetil fosfônico e a dormência e produtividade de tubérculos de batata. **Scientia Agrícola**, v.56, n.4, p.1015-1018, 1999.

BACARIN, M.A. et al. Carboidratos não estruturais em tubérculos de batata recondicionados após o armazenamento sob diferentes temperaturas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.3, p.799-804, 2005.

BÄTZ, W. et al. **Entwicklungsstadien der kartoffel**. Belin: Biologische Bundesanstalt für land-und forstwirtschaft, Merkablatt Nr. 27/5, 1980.

BENEDETTI, M. et al. Quebra de dormência de minitubérculos de batata. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.1, p.31-38, 2005.

BEUKEMA, H.P.; Van Der ZAAG, D.E. **Introduction to potato production**. Wageningen: PUDOC, 1990. 208p.

BEUKEMA, H.P.; Van der ZAAG, D.E. **Potato improvement some factors and facts**. Wageningen, 1979, 222p.

BISOGNIN, D. A. **Recomendações técnicas para o cultivo da batata no Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1996. 64p.

BISOGNIN, D.A.; STRECK, N.A. **Desenvolvimento e manejo das plantas para alta produtividade e qualidade da batata**. Publicação Técnica: ABBA, Itapetinga/SP, 2009. 32p.

BISOGNIN, D.A.; AMARANTE, C.V.T.; CANCI, P.C. Quebra de dormência e de dominância apical em batata. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.14, n.1, p.23-26, 1996.

BISOGNIN, D.A. et al. Envelhecimento fisiológico de tubérculos de batata produzidos durante o outono e a primavera e armazenados em diferentes temperaturas. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.1, p.693-699, 2008a.

BISOGNIN, D.A. et al. Desenvolvimento e rendimento de clones de batata na primavera e no outono. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.43, n.6, p.699-705, 2008b.

BLINKINSOP, R.W. et al. Changes in compositional parameters of tubers of potato (*Solanum tuberosum*) during low-temperature storage and their relationship to chip processing quality. **Journal of Agricultural Food and Chemistry**, v.50, p.4545-4553, 2002.

BRODY, J. Pointers on potatoes: potential of processed potatoes on the increase; product variables and process factors discussed; varieties check listed. **Food Engineer**, v. 47, n. 9, p. 124-132, 1969.

CALDIZ, D.O. Physiological age research during the second half of the twentieth century. **Potato Research**, v.52, p.295-304, 2009.

CALDIZ, D.O.; FERNANDEZ, L.V.; STRUIK, P.C. Physiological age index: a new, simple and reliable index to assess the physiological age of seed potato tubers based on haulm killing date and length of the incubation period. **Field crops Research**, Amsterdam v.69, p.68-79, 2001.

CAPEZIO, S. et al. Selección por peso específico en generaciones tempranas en el mejoramiento de la papa. **Revista Latinoamericana de la Papa**, v. 5/6, n. 1, p. 54-63, 1992/93.

CARRERA, E. et al. Changes in GA 20-oxidase gene expression strongly affect stem length, tuber induction and tuber yield of potato plants. **Plant Journal**, v.22(3), p.247-256, 2000.

CHAPPER, M. et al. Mudanças metabólicas após recondicionamento a 15°C de tubérculos de batata armazenados a baixa temperatura. **Horticultura Brasileira**, v.22, p.700-705, 2004.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças**. Lavras: UFLA, 2005.

COELHO, A. H. R.; VILELA, E. R.; CHAGAS, S. J. R. Qualidade de batata (*Solanum tuberosum* L.) para fritura, em função dos níveis de açúcares redutores e amido, durante o armazenamento refrigerado e à temperatura ambiente com atmosfera modificada. **Ciência e Agrotecnologia**, v.23, n.4, p.899-910, 1999.

COPP, L.J. et al. The relationship between respiration and chip color during long-term storage of potato tubers. **American Journal of Potato Research**, v.77, p.279-287, 2000.

DELLAI, J. et al. Filocrono em diferentes densidades de plantas. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.35, n.6, p.1269-1274, 2005.

DEMAGANTE, A.L.; Van Der ZAAG, P. The response of potato (*Solanum spp.*) to photoperiod and light intensity under high temperatures. **Potato Research**, v.31, p.73-83, 1988.

DRISKILL Jr., E.P.; KNOWLES, L.O.; KNOWLES, N.R. Temperature-induced changes in potato processing quality during storage are modulated by tuber maturity. **American Journal of Potato Research**, v.84, n.5, p.367-383, 2007.

EDWARDS, C.G. et al. Changes in color and sugar content of yellow-fleshed potatoes stored at three different temperatures. **American Journal of Potato Research**, v.79, p.49-53, 2002.

ELLIS, R.P. et al. Starch Production and Industrial Use. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.77, p.289-311, 1998.

EMBRAPA. **Ambiente de software NTIA**: manual do usuário. Campinas: Embrapa-CNPTIA, 1997. 258p. (versão 4.2.2).

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produções de Informações, 1999. 412p.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - disponível em: <<http://www.faostat.fao.org/>>. Acesso em: 07 mar. 2011.

FELTRAN, J.C. et al. Technological quality and utilization of potato tubers. **Scientia Agricola**, v.61, n.6 p.598-603, 2004.

FERRI, M.G. **Fisiologia vegetal**. 2.ed. São Paulo: EPU, 1985. 362p.

FICK, R.J.; BROOK, R.C. There should sugar concentrations in Snowden potatoes during storage. **American Journal of Potato Research**; v.76, p.357-362, 1999.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo Manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3ªed. rev. e ampl., Viçosa: Editora UFV, 2008. 421p.

FONTES, P. C. R.; FINGER, F. L. Dormência dos tubérculos, crescimento da parte aérea e tuberização da batateira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.20, n.197, p.24-29, 1999.

FONTES, P.C.R.; FINGER, F.L. **Pós-colheita do tubérculo de batata**. Viçosa: UFV, 2000. 32p.

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

FRANCO, C.M.L. et al. **Propriedades gerais do amido**. Campinas: Fundação Cargill, 2002. 224p.

FREITAS, S.T. et al. Qualidade para processamento de clones de batata cultivados durante a primavera e outono no Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v.36, n.1, p.80-85, 2006.

GILMORE, E.C.Jr.; ROGERS, J.S. Heat units as a method of measuring maturity in corn. **Agronomy Journal**, v.50, n.10, p.611-615, 1958.

HAWKES, J.G. Origins of cultivated potatoes and species relationships. In: BRADSHAW, J.E. & MACKAY, G.R. **Potato genetics**. Cambridge: CBA International, p.3-42, 1994.

HELDWEIN, A.B.; STRECK, N.A.; BISOGNIN, D.A. Batata. In: MONTEIRO, J.E.B.A. (Org.). **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. 1ª ed. Brasília – DF, INMET, 2009. p.93-108.

HERTOG, M.L.A.T.M.; TIJSKENS, L.M.M.; HAK, P.S. The effects of temperature and senescence on the accumulation of reducing sugars during storage of potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers: A mathematical model. **Postharvest Biology and Technology**, v.10, p.67-79, 1997.

HIRANO, E. Colheita e pós-colheita de batata semente. In: PEREIRA, A.S. & DANIELS, J. (Org.). **O cultivo da batata na região sul do Brasil**. Embrapa Clima Temperado: Brasília, 2003. p.509-528.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 07 mar. 2011.

ITTERSUM, M.K.V.; SCHOLTE, K.; WARSHAVSKY, S. Advancing growth vigor of seed potatoes by a halum application of gibberellic acid and storage temperature regimes. **American Potato Journal**, v.70, p.21-34, 1993.

KIM, Y.S. Screening potato starch for novel properties using differential scanning calorimetry. **Journal of Food Science**, v.60, n.5, p.1060-1065, 1995.

KOOMAN, P.L. et al. Effects of climate on different potato genotypes 1. Radiation interception, total and tuber dry matter production. **European Journal of Agronomy**. v.5, p.193-205, 1996a.

KOOMAN, P.L. et al. Effects of climate on different potato genotypes 2. Dry matter allocation and duration of the growth cycle. **European Journal of Agronomy**. v.5, p.207-217, 1996b.

LEONEL, M. Processamento de batata: fécula, flocos, produtos de extrusão. In: I Seminário mineiro sobre processamento de batatas. **Anais**. Pouso Alegre: EPAMIG, 2005. CD ROM.

LIU, Q. et al. Physicochemical properties of dry matter and starch from potatoes grown in Canada. **Food Chemistry**, v.105, p.897-907, 2007.

LONG, A.R.; CHISM, G.W. **Physical and chemical methods of evaluation foods**. Capturado em 8 jun. 2004. Online. Disponível na Internet: <http://food.oregonstate.edu/research/test/reducing.html>

LULAI, E.C.; ORR, P.H. Influence of potato specific gravity on yield and oil content of chips. **American Potato Journal**, v. 56, n. 2, p. 379-390, 1979.

MARANGONI, A.G.; DUPLESSIS, P.M.; YADA, R.Y. Kinetic model for carbon partitioning in *Solanum tuberosum* tubers stored at 2°C and the mechanism for low temperature stress-induced accumulation of reducing sugars. **Biophysical Chemistry**, v.65, p.211-220. 1997.

McMASTER, G.S.; WILHELM, W.W. Growing degree-days: one equation, two interpretations. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.87, p.291-300, 1997.

MEIER, U. **Growth stages of mono and dicotyledonous plants**. 2. Ed. Berlin: Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry, 2001. 158p. (BBCH Monograph).

MELO, P.E. Aptidão de cultivares de batata para consumo *in natura* e para processamento. In: GUEDES, J.V.C. **Seminário de atualização na cultura da batata**. Santa Maria: Sociedade de Agronomia de Santa Maria: UFSM, 1997, p.27-38.

MINHAS, J.S.; RAI, V.K.; SAINI, H.S. Carbohydrate metabolism during tuber initiation in potato: a transient surge in invertase activity marks the stolon to tuber transition. **Potato Research**. v.47, p.113-126, 2004/5.

MÜLLER, D.R. et al. Expressão dos caracteres e seleção de clones da batata nas condições de cultivo de primavera e outono. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.5, p.1327-1334, 2009.

MÜLLER, D.R. et al. Dormência e dominância apical de diferentes tamanhos de tubérculos de batata. **Ciência Rural**. v.40, n.12, p.2454-2459, 2010.

NODA, T. et al. The effect of harvest dates on the starch properties of various cultivars. **Food Chemistry**, v.86, n.1, p.119-125, 2004.

O'DONOGHUE, E.P.; MARAGONI, A.G.; YADA, R.Y. The relationship of color with structural parameters of starch. **American Potato Journal**, v.73, p.545-558, 1996.

OLIVEIRA, V.R. et al. Qualidade de processamento de tubérculos de batata produzidos sob diferentes disponibilidades de nitrogênio. Nota. **Ciência Rural**, v.36, p.660-663, 2006.

PAULA, F.L.M. et al. Soma térmica de algumas fases do ciclo de desenvolvimento da batata (*Solanum tuberosum* L.). **Ciência Rural**. Santa Maria, v.35, n.5, p.1034-1042, 2005.

PEREIRA, A. S.; DANIELS, J. **O cultivo da batata na região sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 567p.

SAA – SECRETARIA DE AGRICULTURA, PECUÁRIA, PESCA E AGRONEGÓCIO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL - disponível em:
<http://www.saa.rs.gov.br/uploads/1270059901Batata__Inglesa.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2011.

SALAMONI, A.T. et al. Variação genética de açúcares redutores e matéria seca e suas correlações com características agrônomicas em batata. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, 2000.

SANDS, P.J.; HACKETT, C.; NIX, H.A. A model of the development and bulking of potatoes (*Solanum tuberosum* L.). I – Derivation from wellmanaged field crops. **Field Crops Research**, v.2, n.4, p.309-331, 1979.

SHANER, G.; FINNEY, R.E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. **Phytopathology**, v.67, p.1051–1056, 1977.

SILVA, A.C.F. Batata: alguns aspectos importantes. **Agropecuária Catarinense**, v.4, n.4, p.38-41, 1991.

SILVA, F.L. et al. Caracterização morfofisiológica de clones precoces e tardios de batata visando à adaptação a condições tropicais. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.2, p.295-302, 2009.

SILVA, J.R.V. et al. Brotação de mini-tubérculos de sete cultivares de batata em função de concentrações de bissulfureto d carbono. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.4, p.677-680, 2004.

SINGH, N. et al. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. **Food Chemistry**, v.81, p.219-231, 2003.

SOUZA, Z.S. Ecofisiologia. In: PEREIRA, S.A.; DANIELS.J. (Org.). **O cultivo da batata na Região Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa, 2003. p.80-104.

STARK, J. et al. Tuber quality, 2003. Disponível em:
<<http://www.ag.uidaho.edu/potato/production/files/>>. Acesso em: 04 jul. 2009.

STRECK, N. A. A generalized nonlinear air temperature response function for node appearance rate in muskmelon (*Cucumis melo* L.). **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.10, n.1, p.105-111, 2002.

STRECK, N.A. et al. Simulating the development of field grown potato (*Solanum tuberosum* L.). **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.142, n.1, p.1-11, 2007.

STRECK, N.A. et al. Incorporating a chronology response into the prediction of leaf appearance rate in winter wheat. **Annals of Botany**, v.92, p.181-190, 2003.

STRUIK, P.C. The Canon of potato science: 40. Physiological age of seed tubers. **Potato Research**, v.50, p.375-377, 2007.

STRUIK, P.C. et al. Response of stored potato seed tubers from contrasting cultivars to accumulated day-degrees. **Crop Science**, Madison, v.46, p.1156-1168, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 719p.

TRENTIN, R. et al. Soma térmica de subperíodos do desenvolvimento da planta de melancia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.9, p.2464-2470, 2008.

WIERSEMA, S.G. **Physiological development of potato tubers**. Technical Information Bulletin, n.20. International Potato Center, Lima, Peru, 1985.

WIESENBORN, D.P. et al. Potato starch paste behavior as related to chemical properties to some physical/chemical properties. **Journal of Food Science**, v. 59, n. 3, p. 644-648, 1994.

ZORZELLA, C.A. et al. Caracterização física, química e sensorial de genótipos de batata processados na forma de chips. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.6, n.1, p.15-24, 2003a.

ZORZELLA, C.A.; VENDRUSCOLO, J.L.; TREPTOW, R.O. Qualidade sensorial de “chips” de diferentes genótipos de batata (*Solanum tuberosum* L.), cultivos de primavera e outono no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.9, n.1, p.57-63, 2003b.