

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

**CRESCIMENTO, DESENVOLVIMENTO E
PRODUTIVIDADE DE CLONES AVANÇADOS DE BATATA
EM CULTIVO DE PRIMAVERA E DE OUTONO EM
AMBIENTE SUBTROPICAL**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Alencar Junior Zanon

Santa Maria, RS, Brasil.

2011

**CRESCIMENTO, DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DE
CLONES AVANÇADOS DE BATATA EM CULTIVO DE
PRIMAVERA E DE OUTONO EM AMBIENTE SUBTROPICAL**

Alencar Junior Zanon

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado 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 **Mestre em Agronomia**

Orientador: Prof. Nereu Augusto Streck

Santa Maria, RS, Brasil.

2011

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

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

**CRESCIMENTO, DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DE CLONES
AVANÇADOS DE BATATA EM CULTIVO DE PRIMAVERA E DE
OUTONO EM AMBIENTE SUBTROPICAL**

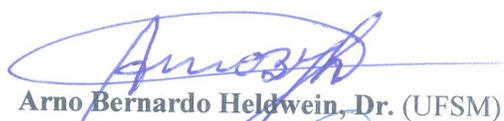
elaborada por
Alencar Junior Zanon

como requisito parcial para a obtenção do grau de
Mestre em Agronomia

COMISSÃO EXAMINADORA



Nereu Augusto Streck, Ph.D.
(Presidente Orientador)



Arno Bernardo Heldwein, Dr. (UFSM)



Edgar Ricardo Schöffel, Dr. (UFPel)

Santa Maria, 16 de dezembro de 2011.

A todos aqueles que estiveram ao meu lado e a toda minha família, especialmente meus pais José Alencar Zanon e Deise Zanon Barbieri.

Dedico...

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado fé, saúde e forças para chegar até aqui.

A meus pais José Alencar e Deise Zanon por terem me apoiado sempre que precisei e por terem me mostrado o caminho certo.

Aos meus avós Livaldino e Irma Zanon por terem me dado o exemplo.

A toda minha família pelo amor, compreensão e apoio durante o mestrado.

A minha namorada Bruna, pelo apoio e carinho.

Ao professor Nereu Augusto Streck, por ter participado durante todo o processo de elaboração e execução desse trabalho sempre com muita dedicação, incentivo e amizade.

A Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia pela oportunidade de realização do trabalho de mestrado.

A Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Aos colegas do Grupo de Agrometeorologia, especialmente aqueles que ajudaram na execução e coleta de dados para construção deste trabalho de dissertação, meu sincero agradecimento pela contribuição.

A todos os professores do Departamento de Fitotecnia e do Programa de Pós-graduação em Agronomia, em especial ao Professor Dílson Antônio Bisognin pela colaboração e atenção sempre dispensada.

Aos avaliadores desta dissertação, professores Arno Bernardo Heldwein e Edgar Ricardo Schöffel, pelas contribuições que enriqueceram esta dissertação.

A Emater/RS-ASCAR pelos turnos de liberação que permitiram a realização do Mestrado.

A TODOS amigos pelo apoio e companheirismo.

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram para a realização desta dissertação o meu muito obrigado.

"Nos parece que estamos assistindo passar o cavalo encilhado (com a cela). Mas não temos certeza se está encilhado ou não".

Leonel de Moura Brizola

RESUMO

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

CRESCIMENTO, DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DE CLONES AVANÇADOS DE BATATA EM CULTIVO DE PRIMAVERA E DE OUTONO EM AMBIENTE SUBTROPICAL

AUTOR: Alencar Junior Zanon

ORIENTADOR: Nereu Augusto Streck

Local e data da defesa: Santa Maria, 16 de dezembro de 2011.

Os objetivos nesta dissertação foram determinar o filocrono, o número final de folhas na haste principal e a duração das fases de desenvolvimento, caracterizar o crescimento foliar durante o ciclo de desenvolvimento e determinar a produtividade de tubérculos de dez clones avançados do Programa de Genética e Melhoramento de Batata da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e de duas cultivares de batata em cultivo de primavera e outono em Santa Maria, região da Depressão Central do Rio Grande do Sul (RS). Dois experimentos de campo foram conduzidos durante a primavera de 2010 e o outono de 2011, na área experimental do Departamento de Fitotecnia da UFSM, Santa Maria, RS. Foram utilizados os clones avançados SMINIA 00017-6, SMINIA 793101-3, SMINIA 02106-11, SJSJM 00211-3, SJSJM 03478-37, SJSJM 01212-2, SJSJM 01274-4, SJSJM 04503-9, SJSJM 02349-1 e SJSJM 02317-3 selecionadas pelo Programa de Genética e Melhoramento de Batata da UFSM e as cultivares Asterix e Macaca. A densidade de plantio foi de 3,79 covas m⁻². O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com sete repetições. Após a emergência, quatro plantas em cada parcela foram identificadas com anel colorido e nestas foram contadas, duas vezes por semana, o número de folhas na haste principal e, em uma destas plantas, semanalmente foi medido o comprimento das folhas para determinação do índice de área foliar verde. A data do início da tuberização foi determinada coletando-se a cada dois dias quatro plantas de cada clone nas linhas da bordadura. O filocrono foi calculado pelo inverso do coeficiente angular da regressão linear entre o número de folhas e a soma térmica acumulada. Obtiveram-se modelos não lineares do tipo potência para relacionar o comprimento das folhas com o índice de área foliar. Para determinação da produtividade foram utilizadas todas as covas da parcela. O filocrono variou de 17,0°C a 21,5°C dia folha⁻¹, no cultivo de primavera, e de 14,8°C a 22,1°C dia folha⁻¹, no cultivo de outono. Houve diferença na duração das fases vegetativa e de tuberização e do número final de folhas entre os clones avançados, as cultivares e as épocas de cultivo. A evolução do índice de área foliar foi diferente ao longo do ciclo de desenvolvimento nos clones avançados e nas cultivares nas duas épocas de cultivo. No cultivo de primavera e no cultivo de outono os clones avançados apresentaram elevada produtividade de tubérculos de batata.

Palavras-chave: *Solanum tuberosum*. Fenologia. Época de plantio. Área foliar.

ABSTRACT

Master of Science Dissertation
Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

GROWTH, DEVELOPMENT AND YIELD OF ADVANCED POTATO CLONES DURING SPRING AND FALL GROWING SEASONS IN A SUBTROPICAL ENVIRONMENT

AUTHOR: Alencar Junior Zanon

ADVISOR: Nereu Augusto Streck

Local and date of the presentation: Santa Maria, December 16th, 2011.

The objectives of this dissertation were to determine the phyllochron, the final leaf number on the main stem and the duration of developmental stages to characterize leaf growth during the developmental cycle and to determine the tuber yield of ten advanced potato clones of the Potato Breeding and Genetics Program of the Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) and two potato cultivars grown in spring and fall conditions in Santa Maria, Depression Central Region of the Rio Grande do Sul State. Two field experiments were conducted during Spring 2010 and Fall 2011 at the experimental field of the, Santa Maria, RS. The advanced potato clones were: SMINIA 00017-6, SMINIA 793101-3, SMINIA 02106-11, SJSM 00211-3, SJSM 03478-37, SJSM 01212-2, SJSM 01274-4, SJSM 04503-9, SJSM 02349 - 1 and SJSM 02317-3. The two potato cultivars were Asterix and Macaca. The planting density was 3.79 hills m⁻². The experiment was a complete randomized block design with seven replications. After emergence, four plants in each plot were marked and on these plants the number of leaves on the main stem were counted twice a week and on one of these plants the length of the leaves was measured once a week to determine the green leaf area index. Tuber initiation was determined by collecting four plants of each clone at the border rows. The phyllochron was calculated by the inverse of the slope of the linear regression between leaf number and accumulated thermal time. Power-like nonlinear models were used to relate leaf length and leaf area. For determining tuber yield all the hills were used. The phyllochron varied from 17.0°C to 21.5°C day leaf the in Spring and from 14.8°C to 22.1° C in the Fall. There are differences of the duration of vegetative and tuberization phases and the final leaf number among clones, cultivars and growing seasons. The evolution of leaf area index throughout the developmental cycle was different in the advanced clones and in the cultivars during the two growing seasons. The of advanced clones showed high tuber yield in both Spring and Fall growing seasons.

Key words: *Solanum tuberosum*. Phenology. Planting season. Leaf area.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Temperaturas mínimas (TMIN) e máximas (TMAX) diárias do ar (A, B), precipitação (mm dia^{-1}), densidade de fluxo de radiação solar global incidente ($\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$) (C, D) e temperatura média diária do ar e fotoperíodo (E, F) durante o período experimental da batata no cultivo de primavera de 2010 (24/08/2010 a 16/12/2010) e no cultivo de outono de 2011 (17/02/2011 a 16/06/2011) em Santa Maria, RS, Brasil, 2010-2011. 27
- Figura 2 – Duração, em dias, das fases de desenvolvimento plantio-emergência, emergência-início da tuberização e início da tuberização-início da senescência de doze clones de batata no cultivo de primavera 2010 (A) e no cultivo de outono 2011 (B). Santa Maria, RS, Brasil, 2010-2011. 30
- Figura 3 – Duração, em ($^{\circ}\text{C dia}$), das fases de desenvolvimento plantio-emergência, emergência-início da tuberização e início da tuberização-início da senescência de doze clones de batata no cultivo de primavera 2010 (A) e no cultivo de outono 2011 (B). Santa Maria, RS, Brasil, 2010-2011. 31
- Figura 4 – Relação entre o número final de folhas (NFF) e o filocrono ($^{\circ}\text{C dia folha}^{-1}$) na haste principal dos clones de batata SJSM 02349-1, SMINIA 00017-6, SJSM 01212-2, SJSM 02317-3, SJSM 04503-9, SJSM 01274-4 E Macaca (A) e dos clones SMINIA 02106-11, SMINIA 793101-3, SJSM 03478-37, SJSM 00211-3 E Asterix (B), nos cultivos de primavera e de outono. Santa Maria, RS, Brasil, 2010-2011. 34
- Figura 5 – Evolução do índice de área foliar (IAF) de doze clones de batata no cultivo de primavera 2010 (A) e no cultivo de outono 2011 (B). Santa Maria, RS, Brasil, 2010-2011. 37
- Figura 6 – Relação entre o número de folhas no início de tuberização (NF no IT) e o índice de área foliar no início de tuberização (IAF no IT) na haste principal de doze clones de batata (SJSM 02349-1, SMINIA 00017-6, SJSM 01212-2, SJSM 02317-3, SJSM 04503-9, SJSM 01274-4 SMINIA 02106-11, SMINIA 793101-3, SJSM 03478-37, SJSM 00211-3, Asterix e Macaca), nos cultivos de primavera e de outono. Santa Maria, RS, Brasil, 2010-2011. 38
- Figura 7 – Foto das plantas de batata próximo do IAFmax, clone SJSM 01274-4 (A), cultivar Macaca (B) e clone SJSM01212-2 (C), no cultivo de primavera. Santa Maria, RS, Brasil, 2010. 45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Escala fenológica da Batata.....	17
Tabela 2 – Relação de clones avançados do Programa de Genética e Melhoramento de Batata da Universidade Federal de Santa Maria e cultivares utilizados no estudo. Santa Maria, RS, 2010-2011.....	22
Tabela 3 – Data média da emergência (EM), do início da tuberização (IT), e do início da senescência (IS) de doze clones de batata no cultivo de primavera (plantio em 24/08/2010) e no cultivo de outono (plantio em 17/02/2011). Santa Maria, RS, Brasil, 2010-2011.	28
Tabela 4 – Médias do número final de folhas (NFF) e do filocrono ($^{\circ}\text{C dia folha}^{-1}$) na haste principal de doze clones de batata no cultivo de primavera 2010 e no cultivo de outono 2011. Santa Maria, RS, Brasil, 2010-2011.	33
Tabela 5 – Equações de estimativa da área de folhas individuais (AF, cm^2) a partir do comprimento da folha (C, cm) e coeficiente de determinação (r^2) de doze clones de batata. Santa Maria, RS, Brasil, 2010.	35
Tabela 6 – Produtividade (kg ha^{-1}) de massa fresca de tubérculos pequenos, médios, grandes e total de doze clones de batata no cultivo de primavera 2010 e no cultivo de outono 2011. Santa Maria, RS, Brasil, 2010-2011.	39
Tabela 7 – Produtividade (kg ha^{-1}) de massa seca de tubérculos pequenos, médios, grandes e total de doze clones de batata no cultivo de primavera 2010 e no cultivo de outono 2011. Santa Maria, RS, Brasil, 2010-2011.	41
Tabela 8 – Soma das produtividades (kg ha^{-1}) de massa seca de tubérculos de doze clones de batata no cultivo de primavera 2010 e no cultivo de outono 2011. Santa Maria, RS, Brasil, 2010-2011.	42
Tabela 9 – Valores da correlação de Pearson e a probabilidade (entre parênteses) entre a variável produtividade de massa seca de tubérculos (kg ha^{-1}) e as variáveis duração das fases plantio-emergência (PL-EM), emergência-início de tuberização (EM-IT), início de tuberização-início de senescência (IT-IS), índice de área foliar no início de tuberização (IAF no IT), índice de área foliar máximo (IAF max), número de folhas no início de tuberização (NF no IT), número final de folhas (NFF), massa seca de frutos (MS Frutos) e massa seca da parte aérea (MS Parte Aérea) de doze clones de batata no cultivo de primavera 2010 e no cultivo de outono 2011. Santa Maria, RS, Brasil, 2010-2011.	44

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Hipóteses.....	11
1.2 Objetivo geral.....	12
1.3 Objetivos específicos.....	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 Origem, botânica e fisiologia da batata	13
2.2 Crescimento e desenvolvimento vegetal	15
2.3 Épocas de plantio da cultura da batata	18
3 MATERIAL E MÉTODOS	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5 CONCLUSÕES.....	47
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	48
REFERÊNCIAS	49

1 INTRODUÇÃO

O aumento da demanda por alimentos em função do crescimento da população mundial determinou uma crescente necessidade dos cultivos agrícolas serem bem adaptados às diferentes regiões, para que possam expressar o seu potencial produtivo. No Brasil, desde que a batata foi introduzida, na metade do século XIX por imigrantes europeus, até os dias atuais, muitas das cultivares utilizadas são de origem européia e, portanto, tem pouca adaptação a temperatura elevada (MENEZES et al., 2001) e fotoperíodo curto (RODRIGUES et al., 2009).

A batata é a terceira cultura alimentícia na ordem de importância no mundo, depois do trigo e arroz (VISSER et al., 2009). Tem sido um dos principais alimentos da humanidade e é cultivada em mais de 140 países (FORTES; PEREIRA, 2003). A produção mundial de batata é de, aproximadamente, 329 milhões de toneladas anuais, em uma área cultivada de 18,6 milhões de hectares (FAOSTAT, 2011). No Brasil, a batata é a hortaliça de maior importância econômica. Na safra 2011, estima-se uma produção de 3.876.103 t de batata, numa área de 146.909 ha, com uma produtividade média de 26,4 t ha⁻¹ (IBGE, 2011). Os principais Estados produtores de batata são Minas Gerais, São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul, responsáveis por mais de 96% da produção nacional (IBGE, 2011). No Rio Grande do Sul, são plantados aproximadamente 22.000 ha, com uma produtividade média de 17,2 t ha⁻¹ (IBGE, 2011), sendo cultivada em três principais regiões produtoras de batata: Norte/Nordeste/Serra/Hortências, Sul e Central (IBGE, 2011).

Nas regiões tropicais e temperadas do Brasil, os programas de melhoramento usam como critério básico para a seleção de clones de batata, o ciclo de desenvolvimento, pois as cultivares de ciclo longo são mais produtivas que as de ciclo precoce nessas condições de cultivo (SILVA; PINTO, 2005; RODRIGUES et al., 2009; SILVA et al., 2009). Em regiões subtropicais com altitudes inferiores a 600 m, ou seja, a maioria das regiões produtoras de batata do Estado do Rio Grande do Sul (MORENO, 1961), é possível fazer dois cultivos de batata ao longo do ano (na primavera e no outono) ou fazer sucessão com as culturas da soja, milho e feijão em um mesmo ano agrícola. Essa característica torna a cultura da batata uma alternativa de renda, nas regiões onde predominam pequenas propriedades com mão-de-obra familiar. Destaca-se, também, sua importância econômica e social por necessitar grande demanda de mão-de-obra na sua cadeia produtiva (PEREIRA; DANIELS, 2003). Porém, em

condições subtropicais de cultivo a estação de crescimento é mais curta (aproximadamente 100 dias em ambas as estações de cultivo) (SOUZA, 2010), comparado com regiões tropicais e temperada (aproximadamente 150 de dias). Já que no inverno e no verão as condições meteorológicas são desfavoráveis ao crescimento e desenvolvimento da planta de batata nestas regiões subtropicais (HELDWEIN et al., 2009).

As condições de cultivo de primavera são mais favoráveis ao crescimento e desenvolvimento das plantas, proporcionando maior rendimento e qualidade de tubérculo (BISOGNIN et al., 2008a). Já no cultivo de outono, o crescimento e o desenvolvimento das plantas de batata são limitados devido à baixa disponibilidade de radiação solar (ANDRIOLO, 1999; BURIOL et al., 2006a; BISOGNIN et al., 2008a), as altas temperaturas no início do ciclo de desenvolvimento da cultura, que favorecem o crescimento da parte aérea em detrimento dos tubérculos e que associadas à elevada umidade relativa do ar, favorecem o desenvolvimento de doenças como a requeima e a pinta preta (ANDREU, 2005). Devido aos elementos meteorológicos influenciarem diretamente no crescimento e no desenvolvimento das plantas de batata, não se pode assegurar que cultivares que tenham um bom desempenho em uma época de cultivo ou no lugar onde foram lançadas comercialmente, repitam o mesmo desempenho na outra época de cultivo ou em regiões com condições ambientais diferentes.

Portanto, devido à diferente disponibilidade dos elementos meteorológicos, nas duas épocas de cultivo, nas regiões subtropicais do Rio Grande do Sul, o desafio dos programas de melhoramento vegetal é desenvolver clones de batata, adaptados e produtivos nas duas épocas de cultivo de modo que as fases do ciclo de desenvolvimento ocorram quando os elementos meteorológicos são mais favoráveis para potencializar a produtividade de tubérculos.

1.1 Hipóteses

Existem clones avançados no Programa de Genética e Melhoramento de Batata da Universidade Federal de Santa Maria que melhor se adaptam aos diferentes cultivos na região da Depressão Central do Rio Grande do Sul.

Clones de batata com maior duração da fase de tuberização são mais produtivos.

1.2 Objetivo geral

Auxiliar o Programa de Genética e Melhoramento de Batata da Universidade Federal de Santa Maria na seleção de clones avançados de batata mais produtivos e adaptados às condições subtropicais de cultivo no Rio Grande do Sul.

1.3 Objetivos específicos

Caracterizar o crescimento, o desenvolvimento e determinar a produtividade de tubérculos de dez clones avançados do Programa de Genética e Melhoramento de Batata da Universidade Federal de Santa Maria e das cultivares Asterix e Macaca em cultivo de primavera e outono em Santa Maria, região da Depressão Central do Rio Grande do Sul.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Origem, botânica e fisiologia da batata

A batata é originária da região dos Andes da América do Sul onde é cultivada desde a antiguidade, entre as latitudes de 65°N e 50°S, desde o nível do mar até acima de 4.000 m de altitude, considerando as diferentes espécies e níveis de ploidia (HUAMÁN, 1986; BRADSHAW et al., 2006). Apresenta uma grande diversidade genética e pertence ao gênero *Solanum*. Dentre as espécies cultivadas a *S. tuberosum* L. é a de maior importância econômica no mundo e têm duas subespécies: a *Solanum tuberosum* L. subespécie *andigena*, que é adaptada a dias curtos e temperaturas amenas, estando seu cultivo restrito a região de origem da batata, e a subespécie *tuberosum*, originada após um período de seleção não intencional para a produção precoce e adaptação a dias longos, sendo autotetraplóide ($2n=4x=48$ cromossomos), e atualmente é cultivada em regiões de clima temperado, tropical e subtropical (HAWKES, 1994).

A cultura da batata foi introduzida na Europa por volta de 1570 (HAWKES, 1990; RÍOS et al., 2007) e passou por um longo período de adaptação, pois diferentemente do centro de origem, a batata passou a ser cultivada em países de clima temperado e fotoperíodos longos. Esta cultura passou a ter importância na Europa a partir do século XVII, e sua disseminação deve-se principalmente a revolução industrial que ocorreu no início do século XIX (RASTOVSKI et al., 1987). A batata foi considerada a principal fonte de alimento da Irlanda por cerca de 200 anos e a dizimação das lavouras devido ao surgimento da requeima (*Phytophthora infestans*) causou a morte de cerca de um milhão de pessoas (PEREIRA; DANIELS, 2003). Este fato na história é conhecido como “Irish Potato Famine”, e foi o responsável pelo surgimento da ciência denominada Fitopatologia e também um marco no melhoramento genético da batata na Europa e nos Estados Unidos (SOUZA, 2010).

A batata é uma planta dicotiledônea, herbácea, caracterizada por formar um caule subterrâneo intumescido pela acumulação de substâncias de reserva na porção final dos estolões, denominado tubérculo. Esses apresentam formatos que variam do alongado ao redondo e possuem na epiderme gemas dormentes que ao se desenvolverem dão origem a um novo sistema de hastes e estolões (FORTES; PEREIRA, 2003). Os tubérculos atualmente

comercializados apresentam coloração amarela ou rosada, variando com a cultivar. Porém, os clones de batata de outras espécies e níveis de ploidia identificadas em países como Argentina, Bolívia, México e Peru (HIJMANS; SPOONER, 2001) apresentam vasta diversidade de formas, de cores de flores, de formato e cores dos tubérculos (HAWKES, 1990; HANCOCK, 1992).

A batata pode reproduzir-se tanto assexuadamente como sexuadamente (BORÉM; MIRANDA, 2005). Geralmente os programas de melhoramento usam a reprodução sexuada por fecundação cruzada para obter variabilidade genética, e na produção comercial de semente verdadeira. Já em cultivos comerciais, utiliza-se a propagação vegetativa, onde as plantas regeneram-se de tubérculos sem a ocorrência de meiose ou da fertilização. Isso deve-se ao fenômeno da totipotência celular, ou seja, toda célula pode regenerar uma planta completa (ALVES et al., 1999). Logo, quando identificado um clone superior na população ele pode ser propagado vegetativamente e mantidas as características de produção e qualidade.

Os tubérculos passam por um período de dormência, a qual é determinada pelo balanço hormonal entre promotores e inibidores do crescimento (MÜLLER et al., 2010). Além de ser uma característica genética, a dormência dos tubérculos também é influenciada pela idade fisiológica dos tubérculos, condições ambientais durante o crescimento e desenvolvimento das plantas, temperatura de armazenamento e presença de danos mecânicos (BISOGNIN et al., 2008a).

O sistema radicular das plantas de batata originadas de tubérculo-semente é formado por raízes adventícias, que crescem a partir dos nós subterrâneos do caule, atingindo profundidade de até 50 cm (FORTES; PEREIRA, 2003). O caule pode ser dividido em duas partes distintas, a parte aérea e a subterrânea. A parte aérea geralmente apresenta forma angular, com seção transversal triangular, quadrangular ou circular, com pigmentos verdes ou roxos, variando com as cultivares. O número de hastes por cova irá variar de acordo com o tamanho e a idade fisiológica do tubérculo-semente e com as condições climáticas de cultivo. Já a parte subterrânea é branca e apresenta gemas situadas nas axilas das folhas rudimentares, que originam ramificações denominadas estolões ou rizomas. Nas extremidades destes diferenciam e crescem os tubérculos (FORTES; PEREIRA, 2003).

As folhas da batata são compostas e apresentam-se distribuídas de maneira alternada no caule. Geralmente, os folíolos são irregulares e estão dispostos de dois a quatro pares, com um folíolo terminal. Frequentemente observa-se a presença de folíolos secundários, também em pares, intercalando-se na sequência dos primários. As flores são hermafroditas e se localizam na extremidade superior

do caule formando uma inflorescência do tipo cimeira. O fruto da batata assemelha-se a um pequeno tomate e é do tipo baga (FORTES; PEREIRA, 2003).

2.2 Crescimento e desenvolvimento vegetal

O crescimento e o desenvolvimento vegetal são processos relacionados e podem ocorrer simultaneamente ou não. Desenvolvimento vegetal refere-se à diferenciação celular, iniciação (organogênese) e aparecimento (morfogênese) dos órgãos, e são eventos relacionados ao tempo. O crescimento vegetal é o aumento irreversível em alguma dimensão física da planta ou de um dos órgãos com o tempo, como é o caso do aumento em massa seca e em altura (WILHELM; McMASTER, 1995).

O ciclo de desenvolvimento da cultura da batata pode ser dividido em três fases (LOPES; BUSO, 1997; HELDWEIN et al., 2009): da emergência ao início da tuberização (EM-IT), do início da tuberização ao início da senescência (IT-IS) e do início da senescência até a colheita (IS-CO). Segundo Fortes e Pereira (2003), a duração do ciclo varia com a cultivar, podendo ser precoce (<90 dias), médio (90-110 dias) ou longo (> 110 dias).

A fase EM-IT caracteriza-se pelo estabelecimento do sistema radicular e pela emissão de folhas na planta (PAULA et al., 2005; BISOGNIN et al., 2008a). As temperaturas favoráveis para o período de emissão de folhas variam entre 18 a 25°C (BISOGNIN; STRECK, 2009). O elemento meteorológico que determina o início da tuberização é o fotoperíodo, sendo a batata considerada uma planta de dia curto para o IT (STRECK et al., 2007). Observa-se a sobreposição do período vegetativo com o reprodutivo, pois mesmo com o início da tuberização as plantas de batata continuam emitindo folhas (STRECK et al., 2007). O número de folhas acumulados na haste principal é um importante parâmetro do desenvolvimento vegetativo, podendo ser utilizado como medida de tempo fisiológico, além de estar associado ao momento em que ocorrem alguns estágios de desenvolvimento, como o início de tuberização e o aparecimento de ramificações laterais em várias espécies (STRECK et al., 2003; SCHONS et al., 2007), incluindo a batata (DELAI et al., 2005). O número acumulado de folhas na haste principal em batata também está associado à evolução do índice de área foliar ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura (HELDWEIN et al., 2009).

O IT é considerado o evento fisiológico mais importante durante o ciclo de desenvolvimento da batata em lavouras comerciais, pois é o estágio em que a demanda de

fotoassimilados na planta se modifica e os tubérculos em crescimento passam a ser o dreno principal da planta. Neste estágio são realizadas importantes práticas de manejo como a adubação nitrogenada em cobertura e a amontoa (BISOGNIN; STRECK, 2009; HELDWEIN et al., 2009).

Durante a fase IT-IS, a disponibilidade de radiação solar determina o rendimento da cultura (PAULA et al., 2005). Temperaturas entre 16 e 18°C favorecem o crescimento dos tubérculos, já temperaturas elevadas estimulam o crescimento vegetativo, em detrimento dos tubérculos (FONTES; FINGER, 1999; HELDWEIN et al., 2009). Estresses como doenças, pragas, déficit hídrico, deficiência de nutrientes, danos por geada e granizo reduzem o rendimento de tubérculos (SOUZA, 2003).

Na fase IS-CO, ocorre o amarelecimento das folhas e uma redução na atividade fotossintética. Os assimilados produzidos e as reservas da parte vegetativa são direcionados para os tubérculos. Ao final dessa fase ocorre a maturação dos tubérculos (BISOGNIN; STRECK, 2009). Descrições mais detalhadas dos estádios e das fases de desenvolvimento da cultura da batata, desde a dormência até a colheita dos tubérculos, podem ser encontradas em escalas fenológicas de desenvolvimento, como por exemplo, a escala de Bätz et al. (1980) e de BBCH (MEIER, 2001). Os critérios usados nas avaliações durante a realização deste trabalho seguiram a escala fenológica (Tabela 1) proposta por Heldwein et al. (2009).

A temperatura e o fotoperíodo são considerados os dois fatores abióticos que governam o desenvolvimento da cultura da batata (LEVY; KEDAR, 1985). As temperaturas ideais para a cultura da batata variam com a fase de desenvolvimento, sendo de 4°C, 15°C e 28°C as temperaturas mínima, ótima e máxima, respectivamente, nas fases vegetativa e senescência e de 7°C, 21°C e 30°C na fase de tuberização (SANDS et al., 1979; MANRIQUE; HODGES, 1989), indicando ser uma cultura adaptada a climas com temperaturas amenas. Temperaturas elevadas favorecem o crescimento da parte aérea, reduzindo a produção de tubérculos e a qualidade de processamento dos mesmos (MENEZES et al., 1999; HELDWEIN et al., 2009).

De acordo com Streck et al. (2007), a cultura da batata pode ser considerada de dia curto para início de tuberização e de dia neutro ou longo para florescimento. Ou seja, quando as plantas de batata são expostas a fotoperíodos curtos, iniciam a tuberização precocemente, apresentando estolões mais curtos, hastes menores e produção antecipada. Já quando essas plantas são cultivadas em regiões que apresentam fotoperíodos longos, retardam o início da tuberização, com estolões mais compridos, folhagem mais abundante, e assim um maior número de plantas florescem e a produção ocorre mais tarde (SOUZA, 2010).

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, 2 mm de comprimento
	PB	Plena brotação: brotos laterais com, pelo menos, 2 mm 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
	V1	Primeira folha da haste principal, com comprimento do folíolo apical maior que 1cm
	V2	Segunda folhas da haste principal, com comprimento do folíolo apical maior que 1cm
	Vn	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
	VF	Última folha da haste principal, com comprimento do folíolo apical maior que 1cm
	T90	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).

De acordo com Cubillos (1978), as cultivares de batata que apresentarem rápida emergência, elevado IAF no início da tuberização e conseguirem manter a área fotossinteticamente ativa por um longo período de tempo são clones capazes de expressarem seu potencial produtivo em regiões tropicais e subtropicais. A taxa de crescimento dos tubérculos depende da disponibilidade de carboidratos produzidos, menos aqueles requeridos para manter o metabolismo da planta (Van Der ZAAG; BURTON, 1978).

2.3 Épocas de plantio da cultura da batata

O centro de origem da cultura da batata caracteriza-se como uma região tropical, de clima temperado devido à altitude, com dias curtos e grande amplitude térmica entre o dia e a noite. As cultivares adaptadas a fotoperíodos longos surgiram daqueles clones que o caminho evolutivo passou por latitudes maiores, como o Sul do Chile. Esse fato explicaria a adaptação da cultura da batata às regiões de clima temperado e as condições de dias longos do continente europeu. Porém não aconteceu adaptação para regiões subtropicais, com dois cultivos anuais (SOUZA, 2010).

A maioria das cultivares atualmente plantadas no Brasil são oriundas de programas de melhoramento da Europa e América do Norte, principalmente após a metade do século XIX. Logo, essas cultivares são adaptadas às condições de temperatura e fotoperíodo de primavera e verão dos países de clima temperado. Essas cultivares quando plantadas em condições tropicais ou subtropicais sofrem alterações nos processos fisiológicos da planta, com redução do potencial produtivo e da qualidade da produção (MIDMORE, 1987).

No Brasil é possível cultivar batata durante o ano todo. A época de plantio é definida de acordo com o risco de ocorrência de geadas, médias das temperaturas mínimas e máximas, probabilidade de deficiência hídrica durante o ciclo de desenvolvimento e, a partir do início da senescência, a probabilidade de excesso hídrico (HELDWEIN et al., 2009). Logo, a época de plantio recomendada e o zoneamento agroclimático de cada Estado variam de acordo com os elementos meteorológicos limitantes ao cultivo de batata nas regiões produtoras.

As épocas de plantio nas regiões tropicais de cultivo no Brasil são conhecidas como a “safra das secas”, de janeiro a março, “safra de inverno”, de abril a julho, e “safra das águas”, de agosto a dezembro. Na região Sul do Brasil, onde predomina o clima subtropical, Cfa Subtropical úmido, sem estação seca definida, com verões quentes, segundo a classificação de Köppen, e as altitudes são inferiores a 600 m, são recomendadas duas épocas de plantio, conhecidas como o cultivo de primavera ou “Safra”, (plantio de julho a setembro) e o cultivo de outono ou “Safrinha”, (plantio de janeiro a março). Já em regiões com altitudes superiores a 600m, como os Campos de Cima da Serra do Rio Grande do Sul e no Planalto Sul Catarinense, onde predomina o clima Cfb (temperado úmido com verão ameno), segundo a classificação de Köppen, é possível fazer um único cultivo por ano, onde o plantio é recomendado de outubro a dezembro (HELDWEIN et al., 2009). Nessas regiões, devido as condições ambientais que favorecerem o crescimento vegetativo, decorrentes de temperaturas

amenas nos meses de verão e fotoperíodos longos (MENEZES et al., 2001), são alcançadas as maiores produtividades de tubérculos (SOUZA, 2010).

Quando comparadas regiões com duas épocas de cultivos anuais com locais onde cultiva-se batata uma única vez ao ano, a dormência da batata-semente é um fator limitante, pois é responsável pela brotação de várias hastes, as quais formarão uma lavoura uniforme e de elevado potencial produtivo (MÜLLER et al., 2010). Portanto, em regiões onde se cultiva batata duas vezes ao ano, frequentemente é necessário realizar a quebra de dormência dos tubérculos. Essa alternativa de manejo pós-colheita assegura uma emergência rápida e uniforme, permitindo atingir uma densidade populacional que resulta em rápida cobertura do solo, premissa básica para obter elevadas produtividades (BISOGNIN, 1996).

No Rio Grande do Sul, na maioria das regiões produtoras de batata são realizados dois cultivos por ano. Ambos os cultivos apresentam aproximadamente 100 dias de condições climáticas favoráveis para o crescimento e desenvolvimento da cultura da batata (SOUZA, 2010). Logo, as cultivares plantadas nessas regiões devem apresentar tubérculos com curta dormência, tuberização precoce e rápida e ciclo de desenvolvimento curto. Além disso, necessitam apresentar tubérculos com no mínimo de 21% de massa seca, com teores de açúcares redutores abaixo de 0,3%, características essas interessantes para o processamento industrial (VENDRUSCOLO; ZORZELLA, 2002; PEREIRA, 2003).

A disponibilidade dos elementos meteorológicos varia com a época de plantio (ANDREU, 2005). No Rio Grande do Sul, o cultivo de outono caracteriza-se por fotoperíodo, temperaturas e radiação solar decrescentes, e o cultivo de primavera, por fotoperíodo, temperaturas e radiação solar crescentes (PEREIRA; CAMPOS, 1999; BISOGNIN et al., 2008a; HELDWEIN et al., 2009). O plantio no cultivo de outono é realizado no final do verão e o ciclo se estende até o final do outono, o qual frequentemente coincide com o início das geadas e elevada umidade no solo (BISOGNIN, 1996). Isso afeta a qualidade dos tubérculos, por serem colhidos imaturos, apresentando menores teores de massa seca e maiores teores de açúcares redutores, além de limitar a produção de tubérculos (BISOGNIN et al., 2008a; BISOGNIN et al., 2008b). A emergência nesse cultivo é rápida devido a elevada temperatura do solo e do ar nessa época do ano. O período de tempo entre o plantio e o IT é curto, a nebulosidade nessa época do ano é intensa, alterando assim a disponibilidade de radiação solar disponível no topo do dossel vegetativo, o que diminui a área foliar e, conseqüentemente, a produção de carboidratos, reduzindo o crescimento vegetativo e dos tubérculos (HELDWEIN et al., 2009; SOUZA, 2010).

Na primavera, o plantio é realizado da metade para o final do inverno e o ciclo se estende até o final de novembro ou início de dezembro (BISOGNIN, 1996). Os dias são mais longos, a radiação solar incidente e o período para as plantas crescerem são maior, normalmente suficiente para a emissão e o crescimento dos órgãos vegetativos e reprodutivos (ANDREU, 2005; BISOGNIN et al., 2008a). Porém em plantios mais tardios é provável que o final do ciclo de desenvolvimento ocorra sob altas temperaturas, afetando negativamente a produtividade e a qualidade de tubérculos (SOUZA, 2010).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos de campo durante os anos de 2010 e 2011 na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS (latitude de 29°43' S; longitude de 53°43' W e altitude de 95 m). O clima local, segundo a classificação climática de Köppen, pertence ao tipo fundamental Cfa, subtropical úmido com verões quentes e sem estação seca definida (MORENO, 1961). Santa Maria está localizada na região fisiográfica da Depressão Central, sendo o mês de junho o mais frio (normal das mínimas de 9,3°C) e o mês de janeiro o mais quente (normal das máximas de 30,4°C) (período de 1961 a 1990). Já a média dos totais mensais de precipitação pluvial nesse período, variou de 132,2 mm em novembro a 153,6 mm em setembro, o que confirma que não há uma estação seca definida (BURIOL et al., 2006b; STRECK et al., 2009a). O solo do local é uma transição entre a Unidade de Mapeamento São Pedro (Argissolo Vermelho distrófico arênico) e a Unidade de Mapeamento Santa Maria (Argissolo Bruno Acinzentado úmbrico) (EMBRAPA, 1999; STRECK et al., 2008).

Foram utilizadas neste estudo as cultivares Asterix e Macaca e dez clones avançados de batata do Programa de Genética e Melhoramento de Batata da Universidade Federal de Santa Maria, que são denominados como: SMINIA 00017-6, SMINIA 793101-3, SMINIA 02106-11, SJSJM 00211-3, SJSJM 03478-37, SJSJM 01212-2, SJSJM 01274-4, SJSJM 04503-9, SJSJM 02349-1 e SJSJM 02317-3 (Tabela 2). Os tubérculos semente utilizados nos experimentos apresentavam ótimo estado fitossanitário e foram plantados no estádio fisiológico de plena brotação (HELDWEIN et al., 2009).

As cultivares Asterix e Macaca foram utilizadas neste estudo por serem as mais plantadas no Rio Grande do Sul. A cultivar Asterix apresenta ciclo médio e elevada produtividade potencial de tubérculos (PEREIRA; DANIELS, 2003). A cultivar Macaca tem como principais características a precocidade de produção e a alta adaptação a dois cultivos anuais, sendo preferida pelos consumidores de origem germânica (PEREIRA; CASTRO, 2006). Os clones avançados foram selecionados pela alta qualidade de chips e adaptação as condições subtropicais e temperadas de cultivo.

Tabela 2 – Relação de clones avançados do Programa de Genética e Melhoramento de Batata da Universidade Federal de Santa Maria e cultivares utilizados neste estudo. Santa Maria, RS, 2010-2011.

Código	Genealogia
SJSM 02349-1	Bintje x Catucha
SMINIA 00017-6	SMINIA 793101-3 x NDO 860-2
SJSM 01212-2	Atlantic x Granola
SMINIA 02106-11	SMINIA 793101-3 x Arazatí
SMINIA 793101-3	Serrana INTA x 8800.1
SJSM 02317-3	(Atlantic x Tollocan) x EESJ96575
SJSM 03478-37	Asterix x FL1625
SJSM 04503-9	Panda x Atlantic
SJSM 01274-4	Atlantic x FL1625
SJSM 00211-3	Aracy Ruiva x FL1625
Macaca	Testemunha
Asterix	Testemunha

O delineamento experimental foi blocos ao acaso com sete repetições. Considerou-se cada época de cultivo como um experimento. A unidade experimental foi uma fileira com 3,3 m de comprimento contendo dez covas. A densidade de plantio foi de 3,79 covas m² dispostas no espaçamento de 0,80 m entre fileiras e de 0,33 m entre plantas. Foram plantadas duas linhas de bordadura em cada lado da área útil do experimento, cada uma contendo os doze clones (10 covas por clone em cada linha), totalizando 40 plantas de cada clone. O preparo do solo foi realizado com uma grade de disco e o plantio dos tubérculos foi realizado em sulcos de 15 cm de profundidade. A adubação nos dois cultivos foi baseada na interpretação da análise de solo e seguiu a recomendação para a cultura da batata (BISOGNIN, 1996). A aplicação dos fertilizantes foi realizada nos sulcos, onde após a incorporação do fertilizante no solo, se depositou os tubérculos. A aplicação de nitrogênio em cobertura e a amontoa seguiu as indicações técnicas para a cultura da batata (BISOGNIN, 1996) e foi realizada no dia em que ocorreu o início da tuberização em cada clone.

Os tubérculos sementes, em ambos os cultivos, apresentavam diâmetros que variaram de 35 mm a 50 mm. Os mesmos foram tratados com ácido giberélico para acelerar a quebra da dormência das gemas, submetidos ao processo de cura por 15 dias, armazenados a 20°C, após os tubérculos foram armazenados a 10°C em câmara climatizada no período entre os cultivos. As datas de plantio na primavera e no outono foram 24/08/2010 e 17/02/2011, respectivamente. Estas datas foram escolhidas, por estarem dentro do período recomendado

de plantio para a cultura, que é de julho a setembro para o cultivo de primavera e de janeiro a março para o cultivo de outono (HELDWEIN et al., 2009).

Foram realizadas aplicações preventivas de inseticidas e fungicidas durante as duas estações de crescimento e realizadas irrigações por sulcos para manter as plantas sem deficiência hídrica. As plantas daninhas foram controladas através de capinas manuais no cultivo de primavera, a fim de minimizar o estresse biótico causado pela competição. Devido à elevada incidência de plantas daninhas na área experimental durante o cultivo de primavera, foi aplicada a solarização em toda área experimental, de 22/12/2010 a 15/02/2011.

A data de emergência foi considerada quando 50% das covas apresentavam pelo menos uma planta visível acima do solo (HELDWEIN et al., 2009). Após a emergência, quatro plantas em cada parcela foram identificadas com a colocação de arame colorido, e nelas foram medidas as variáveis de crescimento e desenvolvimento. Nessas plantas foram determinadas as seguintes variáveis: número de folhas visíveis acumuladas na haste principal, área foliar e início da senescência.

O número de folhas (NF) visíveis acumuladas na haste principal foi contado duas vezes por semana. Uma folha foi considerada visível quando o folíolo apical media pelo menos 1 cm de comprimento (HELDWEIN et al., 2009). Semanalmente foram medidos o comprimento das folhas (C, a partir da inserção do pecíolo na haste principal até o ápice do folíolo central da folha composta) para estimativa da área foliar fotossinteticamente ativa, em uma cova da parcela, em três repetições. O índice de área foliar (IAF) verde foi calculado somando-se as áreas individuais de folhas e dividindo-se pela área de solo ocupada por uma cova ($0,26 \text{ m}^2$), em mesma unidade de área. O IAF foi determinado para as folhas verdes de todas as plantas da cova. Para a estimativa da área de cada folha a partir do comprimento (C), foram coletados 60 folhas compostas de cada clone. A área de cada folha foi escaneada e sua área em pixels foi determinada com o auxílio programa Quant. Após, essa área em pixels foi relacionada com a quantidade de pixels de uma superfície com área conhecida para transformar a área foliar para escala métrica (cm^2). Foram determinadas equações de regressão não linear entre AF e C para cada clone com o auxílio do programa Table Curve 2D Windows v2.03 e selecionada a equação com maior coeficiente de determinação (r^2).

A data do início da tuberização (IT) foi determinada coletando-se a cada dois dias quatro plantas de cada clone nas linhas da bordadura. Foi considerado o dia do IT quando 50% das plantas amostradas apresentaram pelo menos um tubérculo com 1 cm de diâmetro (SANDS et al., 1979; OLIVEIRA, 2000; STRECK et al., 2007). Nesse dia foi contado o número de folhas (NF no IT) e determinado o índice de área foliar (IAF no IT) das plantas

amostradas. A data do início da senescência (IS) foi considerada quando 50% das plantas marcadas na parcela estavam no estágio de início de senescência conforme a escala de Heldwein et al. (2009). A duração das fases plantio à emergência (PL-EM), emergência ao início de tuberização (EM-IT), início de tuberização ao início de senescência (IT-IS) foi expressa em dias do calendário civil (Figura 2) e em °C dia (Figura 3).

As temperaturas mínima e máxima diária do ar durante o período experimental foram medidas em uma estação meteorológica convencional pertencente ao 8º Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia (DISME/INMET) e localizada a aproximadamente 100 metros da área experimental. A temperatura média (Tmed) diária foi calculada pela média aritmética das temperaturas mínima e máxima. A soma térmica diária (STd, °C dia) foi calculada pelo método (GILMORE; ROGERS, 1958; ARNOLD, 1960):

$$\begin{aligned} STd &= (Tmed - Tb) \cdot 1 \text{ dia, quando } Tb < Tmed \leq Tot \\ STd &= (Tot - Tb) \cdot (Tmax - Tmed) / (Tmax - Tot), \text{ quando } Tot < Tmed \leq Tmax \\ STd &= 0, \text{ quando } Tb > Tmed > Tmax \end{aligned} \quad (1)$$

onde: Tb é a temperatura base, Tot é a temperatura ótima e Tmax é a temperatura máxima para o desenvolvimento da batata. Utilizou-se Tb = 7°C, Tot = 21°C e Tmax = 30°C (SANDS et al., 1979; PAULA et al., 2005).

A soma térmica diária foi acumulada a partir do plantio, resultando na soma térmica acumulada (STa), ou seja:

$$STa = \sum STd \quad (2)$$

Foram estimadas equações de regressão linear simples para os valores do NF em função da STa para cada planta marcada na parcela. O filocrono foi estimado pelo inverso do coeficiente angular da regressão linear entre NF e STa (KLEPPER et al., 1982; XUE et al., 2004).

A colheita foi realizada em 16/12/2010 no cultivo de primavera e em 16/06/2011 no cultivo de outono. Os tubérculos foram classificados pelo menor diâmetro em pequenos (15-35 mm), médios (35-55 mm), grandes (>55 mm). A massa fresca (MF) de tubérculos por cova foi quantificada no momento da colheita, e posteriormente dez tubérculos de cada clone foram

colocados em estufa de ventilação forçada a 60°C até massa constante, para determinação da massa seca (MS) de tubérculos.

Os dados de filocrono, número final de folhas (NFF) e MF e MS de tubérculos foram submetidos à análise da variância e as médias foram comparadas pelo teste Tukey com significância de 5% de probabilidade de erro. Os dados de MF e MS de tubérculos foram submetidos à análise de correlação de Pearson (significância de 5% e 1% de probabilidade de erro) com a duração das fases PL-EM, EM-IT, IT-IS, EM-IS, IAF no IT, IAFmax, NF no IT, NFF, massa seca de frutos e massa seca da parte aérea. Todas as análises estatísticas foram realizadas com auxílio do pacote estatístico.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No cultivo de primavera, as temperaturas mínimas (TMIN) e máximas (TMAX) foram crescentes ao longo da estação de crescimento (Figura 1A), sendo que o menor valor de TMIN e o maior valor de TMAX foram 5,3°C e 37°C em 03/10/2010 e 08/11/2010, respectivamente. No cultivo de outono, as TMIN e as TMAX foram decrescentes ao longo da estação de crescimento (Figura 1B), sendo a menor TMIN -0,8°C em 05/06/2011, a maior TMAX (37,6°C) ocorreu em 16/03/2011. Ao longo do ciclo de desenvolvimento, em ambos os cultivos, alguns dias apresentaram valores próximos de temperaturas máximas e mínimas devido a serem dias chuvosos.

O fim do inverno/2010 teve elevada precipitação, de modo que as quatro primeiras semanas após o plantio do cultivo de primavera foram predominantemente de dias nublados e chuvosos (Figura 1C). Já a primavera/2010 foi marcada por chuvas abaixo da média e por dias límpidos com elevada radiação solar (Figura 1C), associada em parte com a ocorrência do fenômeno La Niña. O final do verão/2011 e o outono/2011 foram também de chuva abaixo da normal, resultado da persistência do fenômeno La Niña durante o primeiro semestre de 2011, o que proporcionou predomínio de dias límpidos com elevada radiação solar durante o cultivo de outono, especialmente os primeiros 60 dias após o plantio (Figura 1D). Ao longo da estação de crescimento, a disponibilidade de radiação solar aumentou durante o ciclo de desenvolvimento no cultivo de primavera e o inverso ocorreu no cultivo de outono (Figura 1C e 1D). As plantas de batata foram expostas no plantio na primavera (24/08/2010) a uma variação do fotoperíodo de 12,1 a 14,9 horas (Figura 1E). No cultivo de outono, a variação decrescente de fotoperíodo foi de 13,7 a 11,1 horas (Figura 1F). Estas distintas condições meteorológicas são importantes em estudos para caracterização de parâmetros do crescimento e desenvolvimento das culturas, pois expõe as plantas a condições de ambiente diferentes durante o ciclo de desenvolvimento (STRECK et al., 2003).

A data média de ocorrência dos estágios de desenvolvimento EM, IT e IS da batata está na Tabela 3. No cultivo de primavera, a EM ocorreu entre 15/09/2010 e 24/09/2010, o IT ocorreu entre 11/10/2010 e 22/10/2010 e o IS ocorreu entre 15/11/2010 e 19/11/2010 e no cultivo de outono, estes estágios ocorreram entre 17/03/2011 e 03/04/2011, 02/04/2011 e 29/04/2011 e entre 30/04/2011 e 21/05/2011, respectivamente.

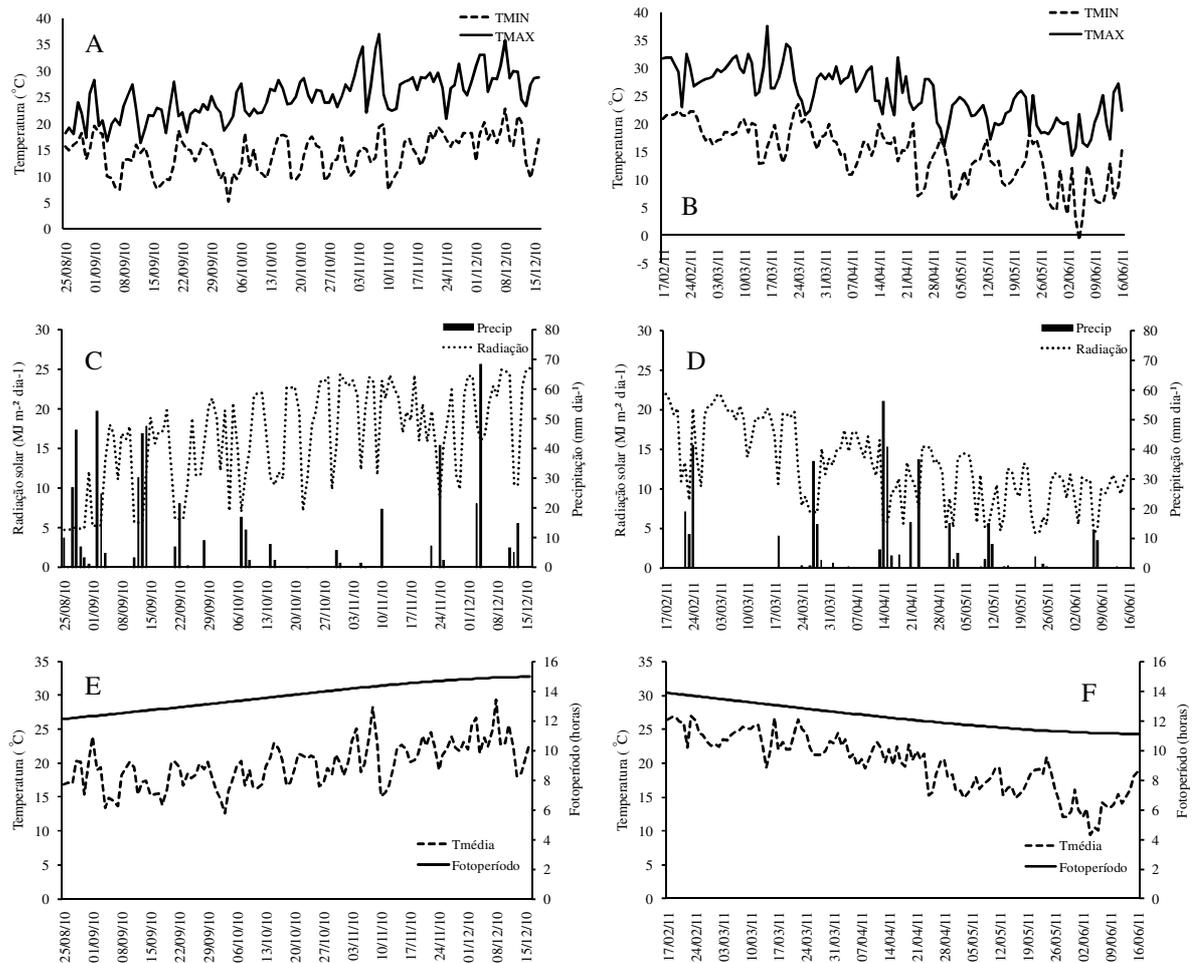


Figura 1 – Temperaturas mínimas (TMIN) e máximas (TMAX) diárias do ar (A, B), precipitação (mm dia^{-1}), densidade de fluxo de radiação solar global incidente ($\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$) (C, D) e temperatura média diária do ar e fotoperíodo (E, F) durante o período experimental da batata no cultivo de primavera de 2010 (24/08/2010 a 16/12/2010) e no cultivo de outono de 2011 (17/02/2011 a 16/06/2011) em Santa Maria, RS, Brasil, 2010-2011.

A duração (em dias) do ciclo de desenvolvimento (EM-IS) e das fases PL-EM, EM-IT e IT-IS variou entre os cultivos de primavera e outono (Figura 2). No cultivo de primavera, o menor (53 dias) e o maior (64 dias) ciclo de desenvolvimento foi no clone SJSM 01274-4 e nos clones SMINIA 02106-11 e SMINIA 00017-6, respectivamente. Já no cultivo de outono, a menor duração (40 dias) do ciclo de desenvolvimento foram nos clones SJSM 00211-3 e SJ SM 04503-9, enquanto a maior duração (54 dias) foi no clone SMINIA 00017-6. Quando a duração das fases foi expressa em °C dia, a diferença entre as épocas não foi tão pronunciada (Figura 3), indicando que o acúmulo térmico foi menos afetado pela época de cultivo.

Tabela 3 – Data média da emergência (EM), do início da tuberização (IT), e do início da senescência (IS) de doze clones de batata no cultivo de primavera (plantio em 24/08/2010) e no cultivo de outono (plantio em 17/02/2011). Santa Maria, RS, Brasil, 2010-2011.

Clones de batata	Data de EM	Data de IT	Data de IS
-----Cultivo de Primavera-----			
SJSM 02349-1	24/09/2010	19/10/2010	19/11/2010
SMINIA 00017-6	17/09/2010	13/10/2010	19/11/2010
SJSM 01212-2	17/09/2010	11/10/2010	18/11/2010
SMINIA 02106-11	15/09/2010	13/10/2010	18/11/2010
SMINIA 793101-3	22/09/2010	15/10/2010	18/11/2010
SJSM 02317-3	20/09/2010	15/10/2010	18/11/2010
SJSM 03478-37	16/09/2010	22/10/2010	18/11/2010
SJSM 04503-9	19/09/2010	19/10/2010	17/11/2010
SJSM 01274-4	23/09/2010	11/10/2010	17/11/2010
SJSM 00211-3	16/09/2010	11/10/2010	17/11/2010
Macaca	19/09/2010	11/10/2010	15/11/2010
Asterix	20/09/2010	11/10/2010	19/11/2010
-----Cultivo de Outono-----			
SJSM 02349-1	28/03/2011	09/04/2011	16/05/2011
SMINIA 00017-6	25/03/2011	09/04/2011	18/05/2011
SJSM 01212-2	23/03/2011	12/04/2011	03/05/2011
SMINIA 02106-11	28/03/2011	24/04/2011	15/05/2011
SMINIA 793101-3	01/04/2011	24/04/2011	21/05/2011
SJSM 02317-3	03/04/2011	29/04/2011	17/05/2011
SJSM 03478-37	25/03/2011	20/04/2011	13/05/2011
SJSM 04503-9	25/03/2011	12/04/2011	04/05/2011
SJSM 01274-4	01/04/2011	19/04/2011	14/05/2011
SJSM 00211-3	03/04/2011	19/04/2011	13/05/2011
Macaca	17/03/2011	02/04/2011	30/04/2011
Asterix	24/03/2011	09/04/2011	12/05/2011

É notável na figura 2 que a fase PL-EM foi maior no cultivo de outono. A temperatura média do solo a 10 cm de profundidade as 15 h no solo desnudo da Estação Meteorológica nas duas primeiras semanas após o plantio dos tubérculos foi 18,7°C no cultivo de primavera e 29,5°C no cultivo de outono. Apesar da temperatura do solo ter sido maior no cultivo de outono, e com isso esperava-se uma taxa de brotação maior e uma emergência mais rápida neste cultivo, não foi isso que se verificou. Observou-se uma demora da emergência no cultivo de outono, apesar de ter sido realizada a aplicação de ácido giberélico para acelerar a brotação dos tubérculos e reduzir a duração da fase PL-EM (BISOGNIN et al., 1998). A

maior duração da fase de emergência pode ser atribuída à dormência dos tubérculos não ter sido superada completamente (MÜLLER et al., 2010), uma vez que a colheita no cultivo de primavera foi realizada em 16/12/2010 e o plantio no cultivo de outono foi realizado em 17/02/2011.

Também verificou-se que a emergência foi mais desuniforme no cultivo de outono, concordando com a hipótese da dormência dos tubérculos-semente não ter sido totalmente rompida (BISOGNIN et al., 1996; BISOGNIN et al., 1998). Neste contexto, destaca-se a cultivar Macaca, que nos dois cultivos, mas principalmente no cultivo de outono, foi a que emergiu mais rápido, indicando menor dormência dos tubérculos, o que lhe confere uma característica positiva para ser plantada em regiões onde se faz dois cultivos por ano. Os clones SJSM 00211-3, SJSM 01274-4, SJSM 02317-3 e o SMINIA 793101-3 demoraram mais a emergir no cultivo de outono, o que indica que esses clones apresentam maior período de dormência.

Houve diferença na duração das fases vegetativa (EM-IT) e de tuberização (IT-IS) entre os clones e cultivares (Figura 2). No cultivo de primavera, os clones que apresentaram as menores durações da fase vegetativa foram SJSM 01274-4 e Asterix. Já os clones que apresentaram a maior duração desta fase foram SJSM 03478-37 e SJSM 04503-9 (Figura 2 A). Os clones que apresentaram a maior duração da fase vegetativa foram os que apresentaram a menor duração da fase de tuberização indicando sincronismo compensatório no desenvolvimento dos clones de batata. Os clones que apresentaram a maior duração da fase de tuberização foram Asterix e SMINIA 00017-6.

No cultivo de outono, os clones que apresentaram as maiores e menores durações da fase vegetativa foram SMINIA 02106-11, SJSM 03478-37 e SJSM 02349-1, Asterix, respectivamente. Já os clones SJSM 02349-1 e SMINIA 01212-2 apresentaram a maior duração da fase de tuberização, enquanto o clone SJSM 02317-3 apresentou a menor duração desta fase (Figura 2B). Esta caracterização é importante, pois segundo Souza (2003), genótipos com maior fase de tuberização são mais produtivos. Verificou-se também que em ambos os cultivos a cultivar Macaca iniciou a tuberização precocemente, concordando com resultados encontrados por Bisognin et al. (2008a).

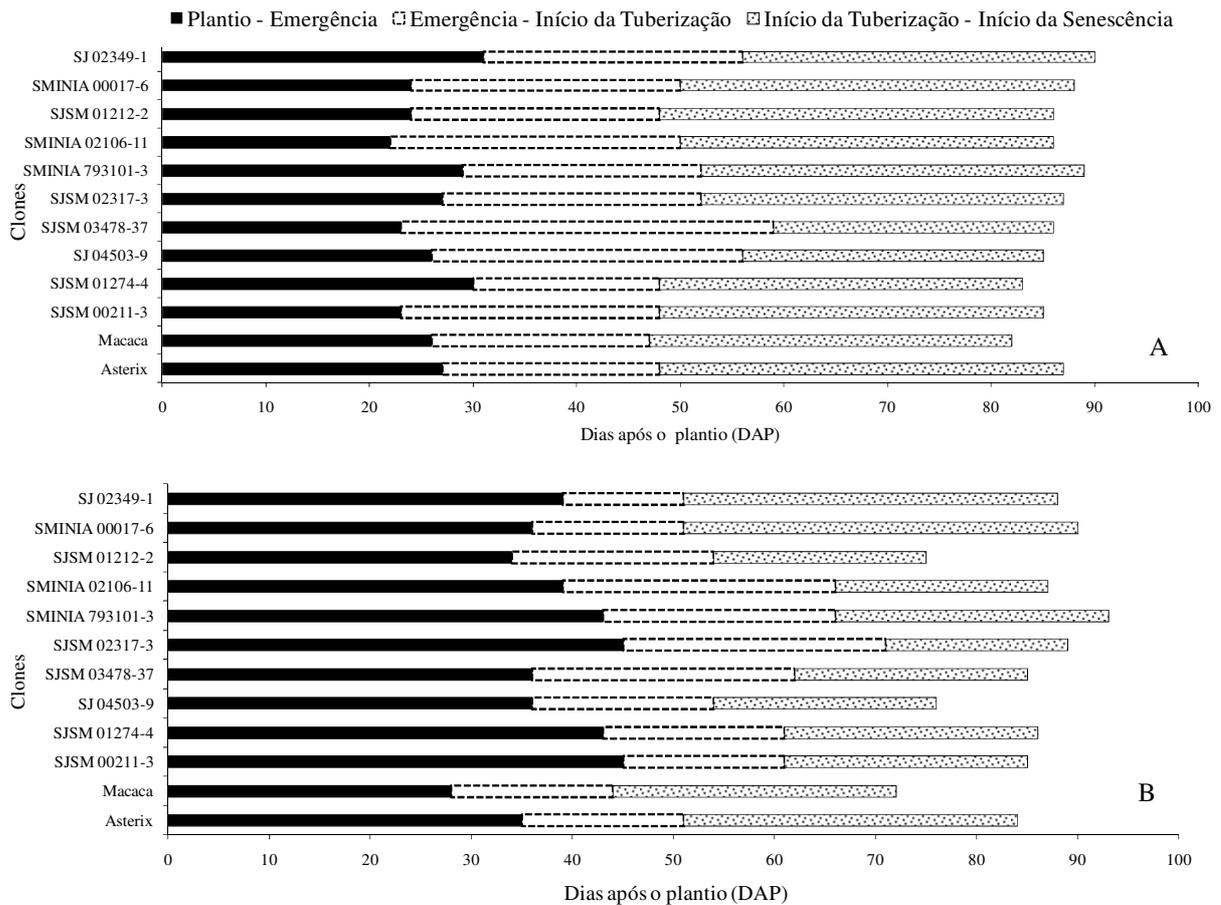


Figura 2 – Duração, em dias, das fases de desenvolvimento plantio-emergência, emergência-início da tuberização e início da tuberização-início da senescência de doze clones de batata no cultivo de primavera 2010 (A) e no cultivo de outono 2011 (B). Santa Maria, RS, Brasil, 2010-2011.

Comparando os dois cultivos e descontando-se a fase PL-EM, percebe-se que a duração das outras duas fases do ciclo de desenvolvimento dos clones e cultivares de batata foram em geral menores no cultivo de outono (Figura 2), concordando com resultados anteriores (PAULA et al., 2005; STRECK et al., 2007; BISOGNIN et al., 2008a). Uma das hipóteses para explicar esse resultado, pode ser o fotoperíodo médio da fase EM-IT no cultivo de outono (12,5 h) ter sido menor do que a média do fotoperíodo dessa mesma fase na primavera (13,2 h), ou seja, poderia ter havido a indução ou resposta das plantas ao aumento (Figura 1E) e diminuição (Figura 1F) do fotoperíodo ao longo do ciclo de desenvolvimento no cultivo de primavera e outono, respectivamente. De acordo com Streck et al. (2007), as condições de fotoperíodo mais curto ou a diminuição do fotoperíodo ao longo do desenvolvimento vegetativo favorecem o início da tuberização, reduzindo assim a duração da

fase EM-IT no cultivo de outono na maioria dos clones estudados, reforçando a hipótese da cultura da batata ser uma planta de dia curto para o início da tuberação (LEVY; KEDAR, 1985; SOUZA, 2003; BISOGNIN; STRECK, 2009).

A maior duração da fase IT-IS no cultivo de primavera, que ocorreu em novembro e dezembro de 2010, pode ser explicada pela exposição das plantas a temperaturas supra-ótimas no final do ciclo de desenvolvimento da cultura da batata. Já no cultivo de outono, essa mesma fase ocorreu nos meses de abril e maio, quando as temperaturas eram mais amenas, reduzindo assim o intervalo de tempo destinado a tuberação e concordando com trabalhos de Bisognin et al. (2008a) e Müller et al. (2009).

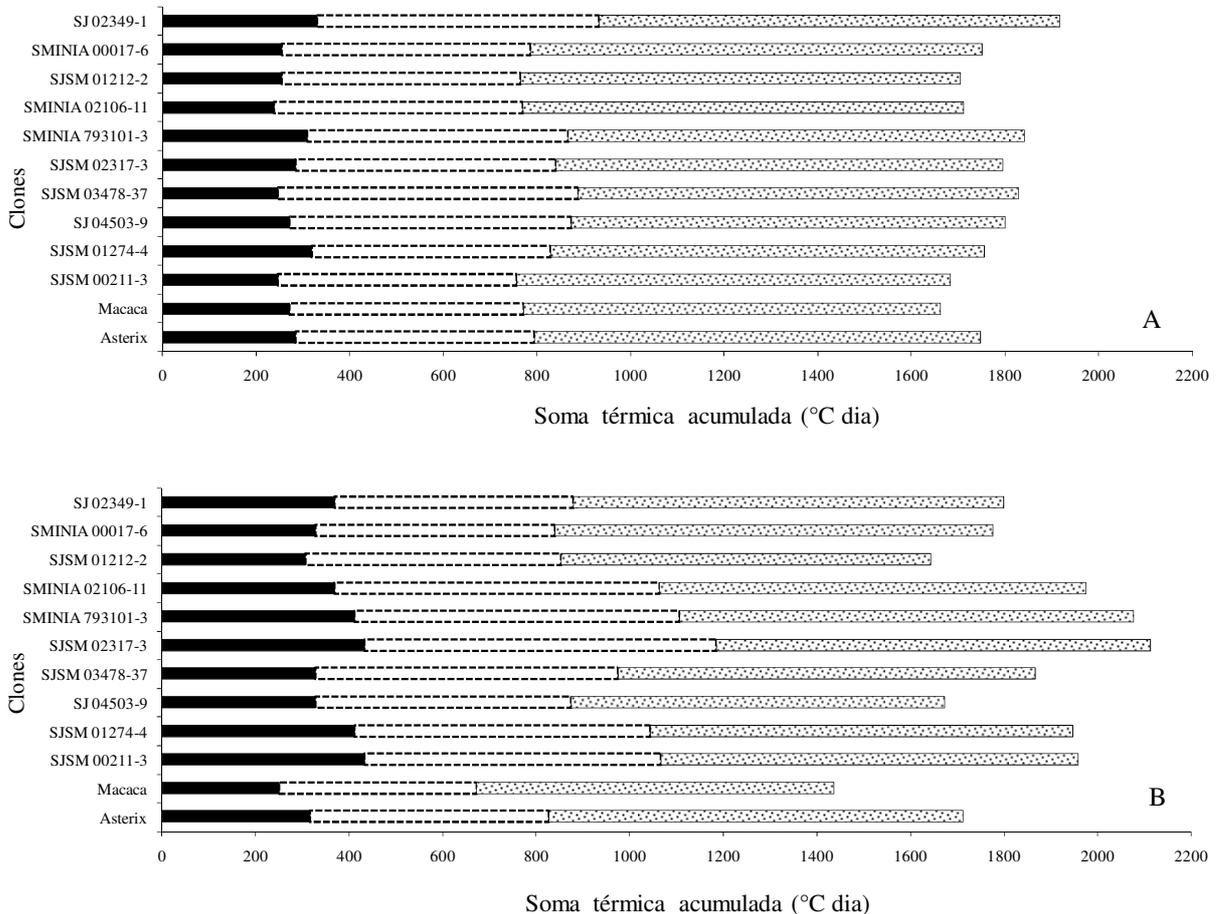


Figura 3 – Duração, em °C dia, das fases de desenvolvimento plantio-emergência, emergência-início da tuberação e início da tuberação-início da senescência de doze clones de batata no cultivo de primavera 2010 (A) no cultivo de outono 2011 (B). Santa Maria, RS, Brasil, 2010-2011.

A relação entre o número de folhas na haste principal e a soma térmica acumulada foi linear, com R^2 superior a 0,96 em todos os clones, indicando que a temperatura do ar é o principal fator ecológico que determina a emissão de folhas em várias espécies (JEFFERIES, et al., 1987), incluindo a batata. Houve diferença no número final de folhas (NFF) e no filocrono na haste principal entre os clones (Tabela 4). O NFF variou de 14,1 a 18,9 folhas no cultivo de primavera e de 16,9 a 22,8 folhas no cultivo de outono. Esses valores de NFF ficaram abaixo dos valores relatados por Bisognin et al. (2008a) em Santa Maria, que encontraram valores entre 21 e 29 folhas no cultivo de primavera/2006 e de 24 a 28 folhas no cultivo outono/2007. Os valores médios de NFF relatados por Paula et al. (2005) no cultivo de primavera (24 folhas) também foram superiores, porém os valores de NFF no cultivo de outono (20 folhas), foi semelhante ao encontrado neste estudo.

A variação no NFF entre épocas de cultivo pode estar associada às diferentes disponibilidades de fotoperíodo durante as estações de crescimento (STRECK et al., 2009b). No cultivo de outono, foi verificado que a maioria dos clones anteciparam o IT, promovendo assim, uma maior competição pelos fotoassimilados para o crescimento simultâneo dos órgãos vegetativos e reprodutivos, resultando na redução do NFF médio neste cultivo. O menor número de folhas acumulado nos dois cultivos foi no clone SJSM 04503-9, o qual diferiu dos clones SJSM 00211-3, SJSM 2317-3, SMINIA 00017-6 e SJSM 02349-1 e das cultivares Asterix e Macaca na primavera, e dos clones SMINIA 00017-6 e SJSM 01212-2 e das duas cultivares no outono. O clone SJSM 00211-3 apresentou o maior NFF no cultivo de outono.

O filocrono variou de 17,0°C a 21,5°C dia folha⁻¹ no cultivo de primavera e de 14,8°C a 22,1°C dia folha⁻¹ no cultivo de outono. Esses resultados reforçam a hipótese de que o filocrono varia com a época de cultivo (FRANK; BAUER, 1995; KIRBY, 1995; STRECK et al., 2005; STRECK et al., 2009b). O menor filocrono no cultivo de primavera foi no clone SMINIA 793103-3, que diferiu apenas do clone SJSM 02317-3 e da cultivar Macaca, a qual apresentou o maior filocrono. No cultivo de outono, o menor filocrono foi no clone SJSM 02317-3, que diferiu dos clones SJSM 02349-1, SMINIA 02106-1 (maior filocrono), SJSM 03478-37, SJSM 00211-3 e da cultivar Asterix. Ressalta-se que o valor de filocrono encontrado para a cultivar Macaca esta próximo aos valores encontrados por Bisognin et al. (2008a) no cultivo de primavera (19,9°C dia folha⁻¹) e abaixo no cultivo de outono (24,6°C dia folha⁻¹), mas esta entre os valores 19,2°C dia folha⁻¹ e 22,9°C dia folha⁻¹ encontrados por Dellai et al. (2005), em Santa Maria, para a cultura da batata, em diferentes densidades de plantio.

Tabela 4 – Médias do número final de folhas (NFF) e do filocrono ($^{\circ}\text{C dia folha}^{-1}$) na haste principal de doze clones de batata no cultivo de primavera 2010 e no cultivo de outono 2011. Santa Maria, RS, Brasil, 2010-2011.

Clones	Cultivo de Primavera		Cultivo de Outono	
	NFF	Filocrono	NFF	Filocrono
SJSM 02349-1	16,5 bcd *	20,5 abc	17,9 cd	19,5 abc
SMINIA 00017-6	16,4 bcd	18,0 abc	20,4 b	15,8 cd
SJSM 01212-2	15,6 cde	18,7 abc	20,5 b	16,8 bcd
SMINIA 02106-11	16,2 bcde	17,7 abc	18,4 bcd	22,1 a
SMINIA 793101-3	15,6 cde	17,0 c	18,9 bcd	17,4 bcd
SJSM 02317-3	17,0 abc	21,1 ab	18,1 cd	14,8 d
SJSM 03478-37	14,5 de	17,8 abc	18,8 bcd	19,7 abc
SJSM 04503-9	14,1 e	20,1 abc	16,9 d	18,6 abcd
SJSM 01274-4	16,2 bcde	19,6 abc	19,2 bc	16,5 bcd
SJSM 00211-3	17,9 ab	18,8 abc	22,8 a	20,3 ab
Macaca	17,1 abc	21,5 a	20,4 b	18,0 abcd
Asterix	18,9 a	17,4 bc	19,7 bc	19,0 abc
Média Geral	16,3	19,0	19,3	18,2
CV% **	5,82	9,63	4,97	9,69

* Médias seguidas pela mesma letra minúsculas na vertical não diferem pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

** Coeficiente de variação.

Na figura 4 é apresentada a relação entre o NFF e o filocrono na haste principal de doze clones de batata usados no experimento. Os clones foram agrupados de acordo com a resposta em função da época de cultivo. Observa-se uma compensação no desenvolvimento vegetativo entre o cultivo de primavera e o cultivo de outono, no grupo dos clones avançados SJSM 02349-1, SMINIA 00017-6, SJSM 01212-2, SJSM 02317-3, SJSM 04503-9, SJSM 01274-4 e a cultivar Macaca, no sentido de que tiveram aumentado o NFF e diminuído o filocrono do cultivo de primavera para o cultivo de outono (Figura 4A). Já no outro grupo, que envolve os clones avançados SMINIA 02106-11, SMINIA 793101-3, SJSM 03478-37, SJSM 00211-3 e a cultivar Asterix a resposta foi inversa, ou seja, apresentaram um pequeno aumento do NFF e do filocrono no cultivo de outono (Figura 4B). Estes resultados indicam uma complexa interação genótipo x ambiente nos clones avançados do Programa de Genética e Melhoramento de Batata da Universidade Federal de Santa Maria.

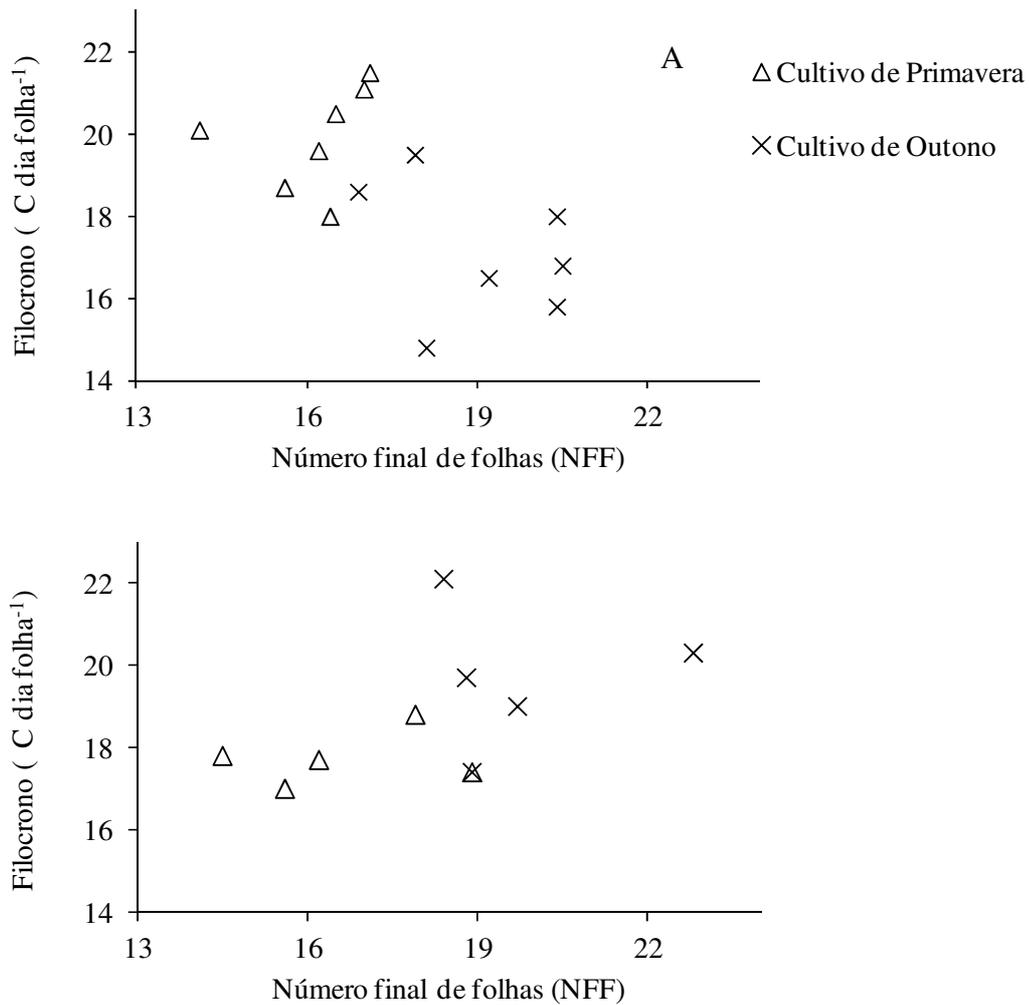


Figura 4 – Relação entre o número final de folhas (NFF) e o filocrono (°C dia folha⁻¹) na haste principal dos clones de batata SJSM 02349-1, SMINIA 00017-6, SJSM 01212-2, SJSM 02317-3, SJSM 04503-9, SJSM 01274-4 e Macaca (A) e dos clones SMINIA 02106-11, SMINIA 793101-3, SJSM 03478-37, SJSM 00211-3 e Asterix (B), nos cultivos de primavera e de outono. Santa Maria, RS, Brasil, 2010-2011.

A função matemática que melhor se adaptou aos dados de área de folhas individuais (cm²) e comprimento da folha (cm) foi à função potência ($y=ax^b$). Na tabela 5 estão as equações com os coeficientes “a” e “b” da função potência para cada clone de batata. O r^2 foi elevado, variando de 0,861 a 0,976, o que indica que a área de folhas individuais pode ser estimada a partir do seu comprimento com boa precisão. As equações da tabela 5 foram usadas para estimar a área das folhas verdes da planta ao longo de cada estação de crescimento. A evolução do IAF dos doze clones ao longo das duas estações de crescimento está na figura 5.

Tabela 5 – Equações de estimativa da área de folhas individuais (AF, cm²) a partir do comprimento da folha (C, cm) e coeficiente de determinação (r²) de doze clones de batata. Santa Maria, RS, Brasil, 2010.

Clones	Equação	r ²
SJSM 02349-1	AF = 0,14266 C ^{2,32454}	0,963
SMINIA 00017-6	AF = 0,14082 C ^{2,30356}	0,959
SJSM 01212-2	AF = 0,11026 C ^{2,24564}	0,965
SMINIA 02106-11	AF = 0,96646 C ^{1,60425}	0,966
SMINIA 793101-3	AF= 0,1131 C ^{2,45246}	0,959
SJSM 02317-3	AF = 0,11768 C ^{2,23761}	0,914
SJSM 03478-37	AF = 0,15225 C ^{2,18643}	0,952
SJSM 04503-9	AF = 0,14596 C ^{2,23468}	0,861
SJSM 01274-4	AF = 0,40356 C ^{1,85586}	0,957
SJSM 00211-3	AF = 0,26552 C ^{2,08214}	0,944
Macaca	AF = 0,17228 C ^{2,19213}	0,976
Asterix	AF = 0,29303 C ^{2,0139}	0,955

As duas cultivares (Macaca e Asterix) tiveram evoluções de IAF distintas ao longo das estações de crescimento. Asterix teve uma menor taxa de crescimento do IAF no início do ciclo e um menor IAF máximo (IAFmax), porém o IAF permaneceu próximo do valor máximo mais tempo (aproximadamente dos 65 aos 100 DAP no cultivo de primavera e dos 60 aos 85 DAP no cultivo de outono). Já a cultivar Macaca teve uma maior taxa de crescimento do IAF no início do ciclo e um maior IAFmax, que foi atingido cedo no ciclo de desenvolvimento (por volta dos 70 DAP em ambos os cultivos), porém decresceu rapidamente. Os clones apresentaram evoluções do IAF semelhante a cultivar Asterix ao longo do ciclo de desenvolvimento, com exceção do clone SMINIA 00017-6 no cultivo de primavera e dos clones SMINIA 793101-3, SMINIA 00017-6 e SJSM 01212-2 no cultivo de outono que tiveram evolução do IAF ao longo da estação de crescimento semelhante a cultivar Macaca, indicando assim, ter ocorrido uma senescência das folhas basais devido ao auto-sombreamento, mais cedo do que a cultivar Asterix.

Entre os dez clones avançados no cultivo de primavera, há um grupo que teve IAFmax entorno de 2,0 (SMINIA 00017-6 e SJSM 01212-2) e maior do que a cultivar Macaca. Um grupo intermediário (SJSM 02349-1, SJSM 02317-3, SMINIA 02106-11, SJSM 00211-3 e SMINIA 793101-3) que teve IAFmax entre 1,2 e 1,6, próximo ao das cultivares Macaca e Asterix. E três clones (SJSM 01274-4, SJSM 03478-37 e SJSM 04503-9) tiveram IAF máximo menor que 1,0 (Figura 5A). No cultivo de outono, os clones SMINIA 02106-11, SMINIA 00017-6, SMINIA 793101-3, SJSM 00211-3, SJSM 02317-3, SJSM 02349-1 e a cultivar Macaca, tiveram um IAFmax entre 1,7 e 2,3. A cultivar Asterix e os clones SJSM 01212-2, SJSM 04503-9 apresentaram um IAFmax entre 1,0 e 1,5. Os clones SJSM 01274-4, e SJSM 03478-37 apresentaram um IAFmax menor que 1,0 (Figura 5B).

No cultivo de primavera, a cultivar mais produtiva (Asterix) apresentou um IAFmax de 1,20. Já os clones (SJSM 03478-37, SJSM 04503-9) com menor produtividade de massa seca de tubérculos apresentaram um IAFmax de 0,94 e 0,74, respectivamente. Verificou-se que os clones com IAF menor do que 1,0 ao longo de todo cultivo apresentaram as menores produtividades, que pode ser atribuída a uma baixa produção de fotoassimilados. No cultivo de outono, verificou-se a maior e a menor produtividade no clone SJSM 01212-2 (IAFmax de 2,42) e no clone SJSM 00211-3 (IAFmax de 1,23), respectivamente. Trentin (2006) em Santa Maria, encontrou valores de IAFmax variando de 1,4 a 3,4 para o clone SMIJ 461-1 e a cultivar Asterix, respectivamente em cultivo de primavera e de 1,2 a 3,0 para esses mesmos clones em cultivo de outono. Já Fernández (2008) no Uruguai, encontrou valores de IAFmax entre 1,5 e 2,5 para a cultivar Chieftain submetida a diferentes regimes de irrigação, valores de IAFmax próximos aos encontrados na maioria dos clones no cultivo de primavera e no cultivo de outono nesse estudo. Porém, os valores de IAFmax encontrados nesse trabalho são inferiores aos relatados em regiões de clima tropical ou temperado, os quais podem variar de 3 a 6, dependendo da época de cultivo e região (AGUIAR NETTO et al., 2000; OLIVEIRA, 2000) chegando até 7,5 (KOOMAN; RABBINGE, 1996).

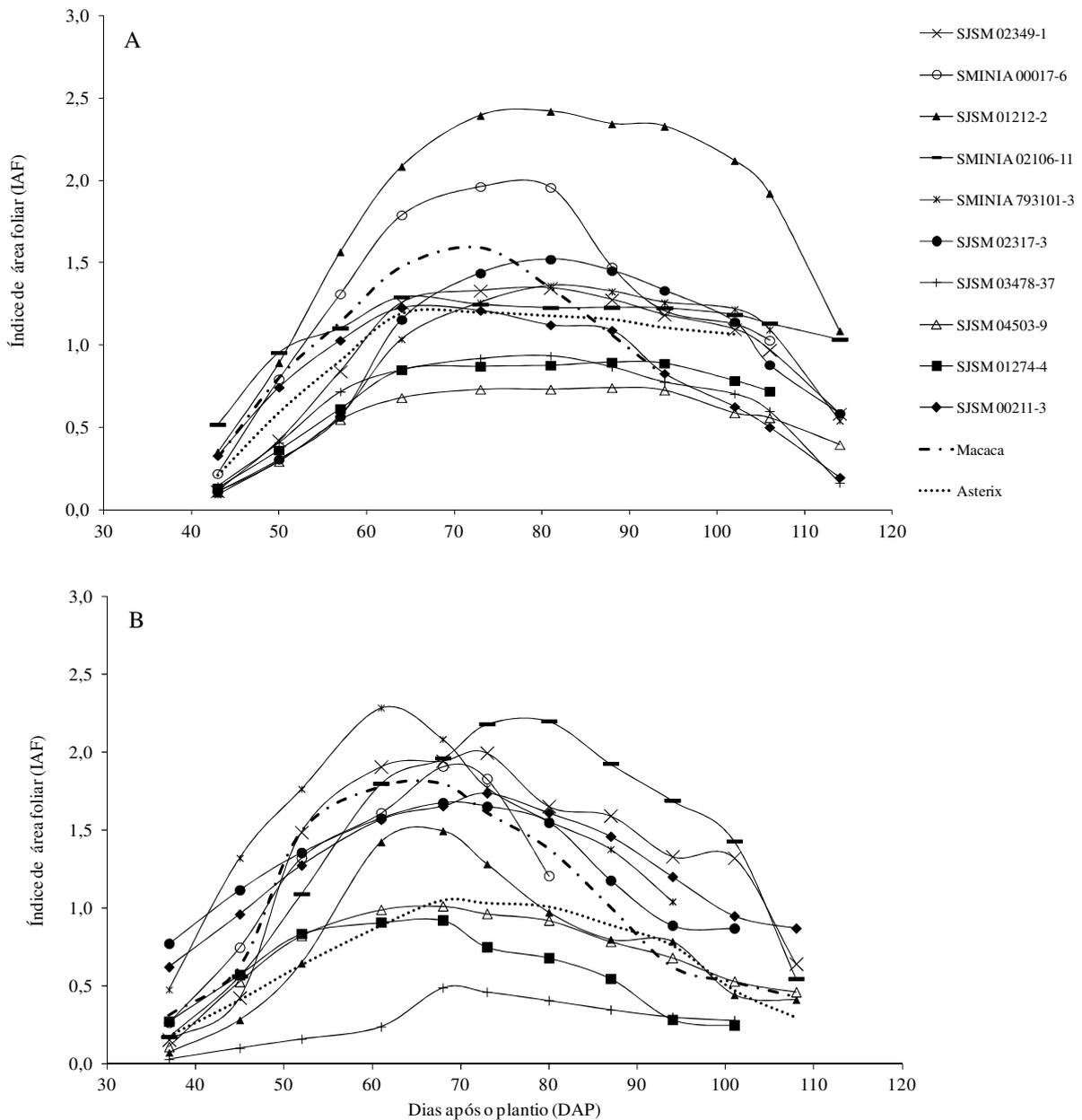


Figura 5 – Evolução do índice de área foliar (IAF) de doze clones de batata no cultivo de primavera 2010 (A) e no cultivo de outono 2011 (B). Santa Maria, RS, Brasil, 2010-2011.

No cultivo de outono observou-se uma relação significativa entre as variáveis NF no IT e IAF no IT, ou seja, à medida que ocorreu aumento do NF no IT houve um incremento do IAF, que não foi verificado no cultivo de Primavera (Figura 6). Com exceção dos clones SMINIA 02106-11 e SJSJM 02317-3, os demais apresentaram um aumento do NF no IT e do IAF no IT do cultivo de primavera para o cultivo de outono. Esses resultados concordam com Bisognin et al. (2008a), que estudando quatro clones de batata, também verificaram a

tendência de aumento do NF no IT do cultivo de primavera para o cultivo de outono (Figura 6). Essa diferença no número de folhas no início de tuberação reforça a hipótese de que as diferentes disponibilidades de fotoperíodo no cultivo de primavera e outono afetam o desenvolvimento e a duração da fase vegetativa (Paula et al., 2005; Streck et al., 2007; Bisognin et al., 2008a). O maior NF no IT e IAF no IT não aumentaram o rendimento de tubérculos no cultivo de outono. Apesar de essas características serem favoráveis, por permitirem aumentar a radiação solar absorvida em nível de dossel. Foi verificado que a baixa disponibilidade de radiação solar incidente nesta época do ano em Santa Maria limita o desenvolvimento das plantas e conseqüentemente diminui a produtividade de tubérculos, concordando com Bisognin et al. (2008a) e (Müller et al., 2009).

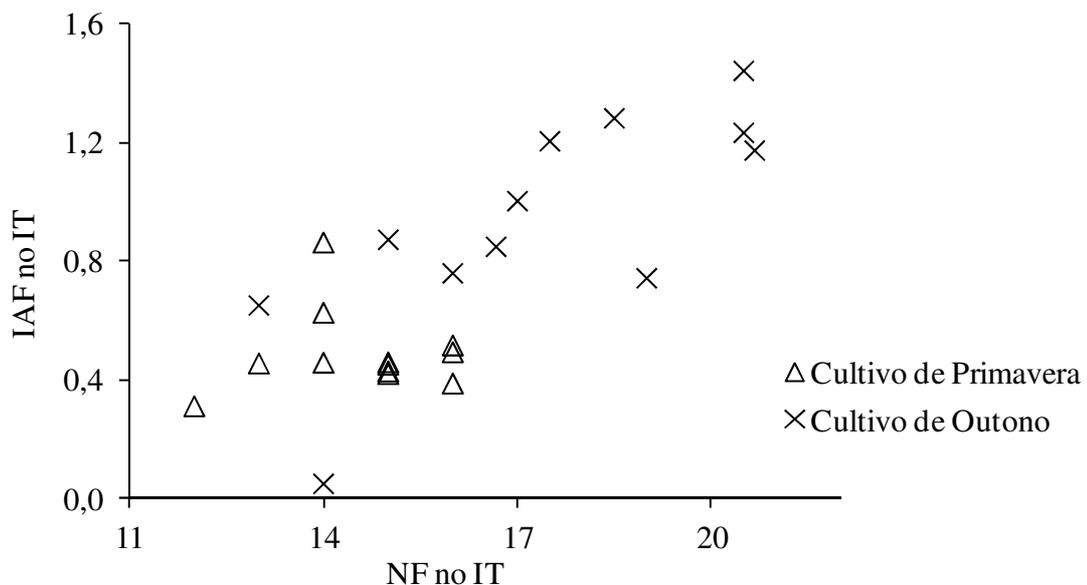


Figura 6 – Relação entre o número de folhas no início de tuberação (NF no IT) e o índice de área foliar no início de tuberação (IAF no IT) na haste principal de doze clones de batata (SJSM 02349-1, SMINIA 00017-6, SJSM 01212-2, SJSM 02317-3, SJSM 04503-9, SJSM 01274-4 SMINIA 02106-11, SMINIA 793101-3, SJSM 03478-37, SJSM 00211-3, Asterix e Macaca), nos cultivos de primavera e de outono. Santa Maria, RS, Brasil, 2010-2011.

Houve diferença na massa fresca e seca de tubérculos entre os clones, nas três classes de tamanho (pequeno, médio e grande) e no total (soma das três classes) (Tabela 6 e 7).

Tabela 6 – Produtividade (kg ha^{-1}) de massa fresca de tubérculos pequenos, médios, grandes e total de doze clones de batata no cultivo de primavera 2010 e no cultivo de outono 2011. Santa Maria, RS, Brasil, 2010-2011.

Clones de batata	Massa fresca de tubérculos			
	Pequenos	Médios	Grandes	Total
-----Cultivo de Primavera-----				
SJSM 02349-1	2229 ab*	5170 bc	22592 ab	30251 ab
SMINIA 00017-6	2525 ab	7516 abc	21641 ab	31831 ab
SJSM 01212-2	5099 a	9389 ab	12692 bcd	27614 b
SMINIA 02106-11	2090 b	6653 abc	13439 bcd	22344 bc
SMINIA 793101-3	4017 ab	10849 a	18331 bc	33349 ab
SJSM 02317-3	2641 ab	4482 bc	16372 bcd	23637 bc
SJSM 03478-37	2013 b	2934 c	4322 d	9306 c
SJSM 04503-9	1083 b	2735 c	6004 cd	9872 c
SJSM 01274-4	1213 b	4173 bc	16710 bcd	22112 bc
SJSM 00211-3	2629 ab	7833 abc	18603 bc	29223 b
Macaca	3047 ab	8819 ab	12378 bcd	24472 bc
Asterix	2618 ab	7876 abc	35467 a	45980 a
CV%**	48,0	35,7	35,5	25,9
-----Cultivo de Outono-----				
SJSM 02349-1	1048 ab*	3454 bc	22266 abc	26768 abcd
SMINIA 00017-6	737 b	2934 c	24640 ab	28311 abc
SJSM 01212-2	1313 ab	6399 bc	26360 a	34072 a
SMINIA 02106-11	1320 ab	4563 bc	19750 abcd	25633 abcd
SMINIA 793101-3	755 b	3300 bc	19436 abcd	23493 cd
SJSM 02317-3	752 b	2932 c	19413 abcd	23097 cd
SJSM 03478-37	1217 ab	3067 c	21744 abcd	26029 abcd
SJSM 04503-9	1314 ab	5999 ab	25640 a	32953 ab
SJSM 01274-4	673 b	3312 bc	22018 abc	26004 abcd
SJSM 00211-3	563 b	3096 c	14102 d	17762 d
Macaca	2362 a	10566 a	17694 bcd	30622 abc
Asterix	1568 ab	7097 ab	15540 cd	24206 bcd
CV%**	58,6	37,4	17,7	16,5

* Médias seguidas pela mesma letra minúsculas na vertical não diferem pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

** Coeficiente de variação.

No cultivo de primavera, a maior massa fresca total de tubérculos (45980 kg ha^{-1}) foi na cultivar Asterix, a qual não diferiu dos clones avançados SMINIA 00017-6, SJSM 02349-1 e SJSM 00211-3. Os clones SJSM 03478-37 e SJSM 04503-9 apresentaram as menores

massas frescas de tubérculos, 9306 kg ha⁻¹ e 9872 kg ha⁻¹, respectivamente. Esses dois clones apresentaram também as menores massas secas de tubérculos. A cultivar Asterix apresentou a maior massa seca de tubérculos (8940,6 kg ha⁻¹), a qual não diferiu dos clones SMINIA 793101-3, SMINIA 00017-6, SJSJM 00211-3, SJSJM 01212-2, SJSJM 02349-1 e SJSJM 02317-3. Seis clones avançados não diferiram em massa seca de tubérculos da cultivar Asterix, que é atualmente uma das cultivares mais cultivadas no Rio Grande do Sul.

No cultivo de outono, o clone SJSJM 01212-2 apresentou a maior massa fresca e seca total de tubérculos, 34072 kg ha⁻¹ e 6042 kg ha⁻¹, respectivamente. Os clones avançados SJSJM 04503-9, SMINIA 00017-6, SJSJM 03478-37, SMINIA 02106-11, SJSJM 02349-1, SJSJM 01274-4 e a cultivar Macaca não diferiram do clone mais produtivo. A menor massa fresca e seca total de tubérculos foi no clone SJSJM 00211-3. Observou-se também que o clone SMINIA 793101-3 apresentou maior produtividade de MF e MS de tubérculos no cultivo de primavera quando comparado ao cultivo de outono, concordando com os resultados encontrados por Bisognin et al. (2008a). Foi possível verificar que geralmente os clones de batata mais produtivos, no cultivo de primavera e no cultivo de outono, são aqueles que apresentaram tubérculos com diâmetros grandes (Tabelas 6 e 7).

Os resultados de massa fresca de tubérculos no cultivo de primavera e no cultivo de outono confirmam o elevado potencial produtivo dos clones avançados do Programa de Genética e Melhoramento de Batata da Universidade Federal de Santa Maria (BISOGNIN et al., 2008a). Em ambos os cultivos (primavera e outono) os clones avançados apresentaram elevada produtividade de tubérculos, superiores a produtividade média de tubérculos do estado do Rio Grande do Sul (IBGE, 2011), com exceção dos clones SJSJM 03478-37 e SJSJM 04503-9 no cultivo de primavera e do clone SJSJM 00211-3 no cultivo de outono.

A produtividade de tubérculos, em matéria seca, na maioria dos clones avançados (SJSJM 02349-1, SMINIA 00017-6, SJSJM 01212-2, SMINIA 793101-3, SJSJM 02317-3, SJSJM 01274-4 e SJSJM 00211-3) foi maior no cultivo de primavera, concordando com os trabalhos de Bisognin et al. (2008a) e Müller et al. (2009). Esse resultado pode ser explicado pela maior disponibilidade de radiação solar e maior duração da fase tuberização no cultivo de primavera (SILVA; PINTO, 2005; BISOGNIN et al. 2008a).

Tabela 7 – Produtividade (kg ha^{-1}) de massa seca de tubérculos pequenos, médios, grandes e total de doze clones de batata no cultivo de primavera 2010 e no cultivo de outono 2011. Santa Maria, RS, Brasil, 2010-2011.

Clones de batata	Massa seca de tubérculos			
	Pequenos	Médios	Grandes	Total
-----Cultivo de Primavera-----				
SJSM 02349-1	439 b*	1018 cd	4452 ab	5961 ab
SMINIA 00017-6	545 b	1624 abcd	4676 ab	6878 ab
SJSM 01212-2	1228 a	2262 a	3058 bc	6653 ab
SMINIA 02106-11	440 b	1402 abcd	2832 bc	4709 bc
SMINIA 793101-3	827 ab	2233 ab	3774 bc	6866 ab
SJSM 02317-3	629 ab	1068 bcd	3901 bc	5633 ab
SJSM 03478-37	464 b	677 d	997 c	2147 c
SJSM 04503-9	217 b	549 d	1206 c	1984 c
SJSM 01274-4	261 b	899 cd	3602 bc	4767 bc
SJSM 00211-3	627 ab	1869 abc	4439 ab	6973 ab
Macaca	580 b	1679 abcd	2357 bc	4661 bc
Asterix	509 b	1531 abcd	6896 a	8940 a
CV%**	46,6	34,9	35,3	25,4
-----Cultivo de Outono-----				
SJSM 02349-1	154 b*	508 c	3275 bcd	3938 cd
SMINIA 00017-6	134 b	535 c	4500 ab	5171 abc
SJSM 01212-2	232 ab	1134 bc	4674 a	6042 a
SMINIA 02106-11	244 ab	846 bc	3661 abcd	4751 abc
SMINIA 793101-3	132 b	577 c	3399 abcd	4108 bcd
SJSM 02317-3	128 b	501 c	3322 abcd	3953 cd
SJSM 03478-37	243 ab	613 bc	4346 ab	5203 abc
SJSM 04503-9	229 ab	1049 bc	4486 ab	5766 ab
SJSM 01274-4	117 b	576 c	3835 abc	4529 abcd
SJSM 00211-3	92 b	505 c	2302 d	2900 d
Macaca	426 a	1909 a	3197 bcd	5533 abc
Asterix	280 ab	1268 ab	2776 cd	4325 bcd
CV%**	57,9	38,1	17,8	16,6

* Médias seguidas pela mesma letra minúsculas na vertical não diferem pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

** Coeficiente de variação.

O início de tuberização precoce poderia ter favorecido o crescimento de tubérculos no cultivo de outono, pois a disponibilidade de radiação solar ainda era elevada, e conseqüentemente a produtividade de tubérculos poderia ser maior. Porém, essa vantagem

não foi confirmada neste trabalho, pois a maioria dos clones foram mais produtivos no cultivo de primavera.

A soma das produtividades de tubérculos do cultivo de primavera e de outono está apresentada da Tabela 8. Para a variável massa fresca de tubérculos, a cultivar Asterix e o clone SJSM 02349-1 apresentaram as maiores produtividades, 56783 kg ha⁻¹ e 53116 ha⁻¹, respectivamente. Os demais clones, com exceção do SJSM 03478-37, não diferiram do mais produtivo. Para massa seca de tubérculos, a cultivar mais produtiva foi a Asterix, e somente o clone SJSM 03478-37 diferiu da mesma. Segundo Bisognin et al. (2008a) a seleção de clones adaptados ao cultivo de primavera e outono em regiões subtropicais pode ser baseada na soma das produtividades de tubérculos nas duas estações de cultivo.

Tabela 8 – Soma das produtividades (kg ha⁻¹) de massa seca de tubérculos de doze clones de batata no cultivo de primavera 2010 e no cultivo de outono 2011. Santa Maria, RS, Brasil, 2010-2011.

Clones de batata	Massa fresca de tubérculos	Massa seca de tubérculos
SJSM 02349-1	53116 a*	9063 ab
SMINIA 00017-6	50449 ab	9981 ab
SJSM 01212-2	44178 ab	8571 ab
SMINIA 02106-11	38099 ab	7445 ab
SMINIA 793101-3	43418 ab	8161 ab
SJSM 02317-3	38131 ab	7621 ab
SJSM 03478-37	29148 b	5976 b
SJSM 04503-9	41252 ab	7398 ab
SJSM 01274-4	39863 ab	7658 ab
SJSM 00211-3	33994 ab	6781 ab
Macaca	44739 ab	8211 ab
Asterix	56783 a	10684 a
CV%**	18,2	19,1

* Médias seguidas pela mesma letra minúsculas na vertical não diferem pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

** Coeficiente de variação.

De acordo com este critério de seleção, o clone SJSM 03478-37 é menos adaptado aos cultivos de primavera e outono, quando comparado aos demais clones utilizados neste estudo.

As correlações entre a variável produtividade de massa fresca e massa seca de tubérculos com as demais variáveis analisadas não alteraram os resultados, portanto optou-se

por apresentar somente os valores das correlações com a produtividade de massa seca de tubérculos (Tabela 9). No cultivo de outono, não foram avaliadas as variáveis massa seca de frutos e a massa seca da parte aérea. A primeira variável não foi coletada porque a produção de frutos foi muito pequena nesse cultivo, ou seja, as plantas não foram estimuladas a florescerem durante o cultivo de outono, portanto a produção de frutos foi insignificante, concordando com os resultados encontrados por Streck et al. (2007), de que batata é uma planta de dia longo para início do florescimento. Em alguns dias, durante o final do ciclo de desenvolvimento no cultivo de outono, ocorreu a formação de geada sobre as plantas de batata, reduzindo consideravelmente a parte aérea, por esse motivo optou-se por não avaliar a massa seca da mesma.

No cultivo de primavera, a massa seca de tubérculos se correlacionou negativamente com a duração da fase vegetativa e com a massa seca da parte aérea, e positivamente com a duração da fase de tuberização, NF no IT, IAF no IT e com o NFF na haste principal (Tabela 9). No cultivo de outono, a massa seca de tubérculos se correlacionou significativamente (negativamente) apenas com a duração da fase de emergência (PL-EM).

A correlação negativa com a duração da fase EM-IT no cultivo de primavera (Tabela 9) pode ser explicada pela antecipação do início de tuberização, aumentando assim a fase IT-IS (correlação positiva), ou seja, maior o período de enchimento de tubérculos, corroborando com resultados encontrados por Silva et al. (2009) em Lavras/MG. Os quais verificaram também uma relação forte e positiva entre a duração da fase tuberização com o aumento da produtividade de tubérculos. Resultados similares foram verificados por Paula et al. (2005) em Santa Maria/RS, que além de encontrar correlação positiva com a duração da fase IT-IS, verificaram uma correlação fraca e negativa da duração da fase EM-IT com o rendimento de tubérculos. No cultivo de primavera observou-se também uma correlação positiva da massa seca de tubérculos com o NFF, IAF no IT e principalmente com o NF no IT, confirmando a hipótese de que aqueles clones que apresentaram maior vigor inicial, ou seja, maior IAF e número de folhas acumuladas na haste principal no início de tuberização, são mais produtivos. Já a correlação negativa com a massa seca da parte aérea, pode ser explicada pela quantidade elevada de carboidratos destinados ao crescimento da parte vegetativa da planta em detrimento da translocação para acumulação e armazenagem nos tubérculos.

Tabela 9 – Valores da correlação de Pearson e a probabilidade (entre parênteses) entre a variável produtividade de massa seca de tubérculos (kg ha⁻¹) e as variáveis duração das fases plantio-emergência (PL-EM), emergência-início de tuberização (EM-IT), início de tuberização-início de senescência (IT-IS), índice de área foliar no início de tuberização (IAF no IT), índice de área foliar máximo (IAF max), número de folhas no início de tuberização (NF no IT), número final de folhas (NFF), massa seca de frutos (MS Frutos) e massa seca da parte aérea (MS Parte Aérea) de doze clones de batata no cultivo de primavera 2010 e no cultivo de outono 2011. Santa Maria, RS, Brasil, 2010-2011.

	Cultivo de Primavera	Cultivo de Outono
PL-EM	0,16613 (0,6058) ^{ns}	-0,76738 (0,0036) **
EM-IT	-0,62123 (0,0311) *	0,08783 (0,7861) ^{ns}
IT-IS	0,91760 (0,0001) **	-0,10167 (0,7532) ^{ns}
EM-IS	0,12558 (0,6967) ^{ns}	-0,05291 (0,8703) ^{ns}
IAF no IT	0,57609 (0,0499) *	0,14365 (0,6560) ^{ns}
NF no IT	0,69865 (0,0115) **	-0,03786 (0,9070) ^{ns}
IAF max	0,49716 (0,1001) ^{ns}	-0,32580 (0,3014) ^{ns}
NFF	0,78046 (0,0027) *	-0,26074 (0,4130) ^{ns}
MS Frutos	-0,18298 (0,5692) ^{ns}	-
MS Parte Aérea	-0,56653 (0,0548) *	-

ns= não significativo; *= significativo a 5%; **= significativo a 1%; - = não foi avaliado.

A expectativa de uma correlação significativa e positiva da produtividade com as variável IAFmax não foi confirmada neste estudo. Duas possíveis hipóteses para este resultado pode ser o baixo IAFmax alcançado pelos clones e a arquitetura da planta, ou seja, disposição das folhas na haste principal (Figura 7), o que dificulta a entrada de radiação solar no dossel vegetativo, causando assim, um auto-sombreamento muito cedo e fazendo com que as plantas de batata tivessem destinado muita energia para respiração de manutenção. No caso da correlação não significativa da massa seca de frutos, uma possível explicação seria à quantidade de fotoassimilados translocados pela planta para produção desses frutos ser muito baixa, não afetando assim a produtividade de tubérculos.

A duração total do ciclo de desenvolvimento da cultura da batata não afetou significativamente a produtividade de massa seca de tubérculos, divergindo dos resultados encontrados em regiões tropicais e temperadas do Brasil, onde as cultivares de ciclo longo são mais produtivas que as de ciclo precoce (KOOMAN et al., 1996; SILVA; PINTO, 2005; RODRIGUES et al., 2009; SILVA et al., 2009). Esse resultado reforça a hipótese de que são algumas fases específicas do ciclo desenvolvimento desta cultura que determinam sua produtividade de tubérculos (PAULA et al., 2005), especialmente em regiões Subtropicais.



Figura 7 – Foto das plantas de batata próximo do IAFmax, clone SJSM 01274-4 (A), cultivar Macaca (B) e clone SJSM01212-2 (C), no cultivo de primavera. Santa Maria, RS, Brasil, 2010.

No cultivo de outono, a única correlação significativa (negativa) com a massa seca de tubérculos foi com a duração da fase PL-EM. Essa correlação negativa pode ser explicada devido à elevada dormência dos tubérculos usados neste experimento, o que proporcionou atraso da emergência, diminuição do vigor inicial das plantas e consequentemente da formação do dossel.

Ocorreu uma heterogeneidade elevada na emergência, fazendo com que as primeiras plantas que emergiram ficassem expostas a uma radiação solar de 17,9 MJ.m⁻².dia⁻¹, enquanto as últimas plantas que emergiram no cultivo de outono fossem expostas a radiação solar de 12,3 MJ.m⁻².dia⁻¹. A disponibilidade média de radiação solar no cultivo de outono nas fases de EM-IT e IT-IS foi de 13 MJ.m⁻².dia⁻¹ e 10,7 MJ.m⁻².dia⁻¹. Esses baixos valores de radiação solar estão próximos aqueles que hortaliças, como o tomateiro, produzem apenas os fotoassimilados necessários para sua manutenção da planta que é de 8,5 MJ.m⁻².dia⁻¹ (ANDRIOLO, 2000; BURIOL, G.A. et al., 2000). Bisognin et al. (2008a) e Müller et al. (2009) relatam que no final do outono na região central do Rio Grande do Sul a radiação solar atinge níveis limitantes ao crescimento da batata, fazendo com que ocorra a diminuição da eficiência fotossintética das plantas e consequente redução da maturidade e produtividade de tubérculos.

Foi verificado no cultivo de outono um encurtamento da fase EM-IT na maioria dos clones de batata, possivelmente devido ao desenvolvimento das plantas de batata ter ocorrido num fotoperíodo decrescente, o qual induz o início da tuberização (STRECK et al., 2007). O encurtamento da fase vegetativa no cultivo de outono promoveu uma maior competição por fotoassimilados na fase de tuberização, devido ao crescimento simultâneo entre os órgãos

vegetativos e reprodutivos (DEMAGANTE; VANDER ZAAG, 1988). Isso pode explicar o fato de não ter ocorrido correlação significativa entre a duração das fases vegetativa e de tuberização com a massa seca de tubérculos. A duração total do ciclo de desenvolvimento da batata também não se correlacionou com a massa seca de tubérculos, confirmando o que já tinha sido observado no cultivo de primavera.

As condições ambientais descritas como limitantes para o cultivo de batata, na maioria das regiões onde se realiza o cultivo de outono (ANDRIOLO et al., 1998; Bisognin et al., 2008a; Müller et al., 2009), podem influenciar negativamente o crescimento, desenvolvimento e rendimento de tubérculos de batata, numa intensidade tão grande, a ponto de tornar não significativas as correlações esperadas e encontradas como significativas no cultivo de primavera.

5 CONCLUSÕES

O filocrono da batata varia de 17,0°C a 21,5°C dia folha-1 no cultivo de primavera e de 14,8°C a 22,1°C dia folha-1 no cultivo de outono, sendo que a cultivar Macaca apresenta o maior filocrono no cultivo de Primavera e o clone SMINIA 02106-11 no cultivo de outono.

O número final de folhas da haste principal varia entre os clones avançados, as cultivares de batata e as épocas de cultivo. No cultivo de Primavera, o número final de folhas varia de 14 a 19 folhas e no cultivo de outono varia de 17 a 23 folhas.

Há diferença na duração das fases emergência, vegetativa e de tuberização entre os clones, cultivares e épocas de cultivo.

A maioria dos clones apresentam uma menor taxa de crescimento do IAF no início do ciclo e um menor IAFmax, que permanece próximo do valor máximo mais tempo. Apenas o clone SMINIA 00017-6 no cultivo de primavera e os clones SMINIA 793101-3 e SMINIA 00017-6 no cultivo de outono apresentam uma maior taxa de crescimento do IAF, e um maior IAFmax que é atingido no início do ciclo de desenvolvimento, porém decresce rapidamente, semelhante à evolução do IAF da cultivar Macaca.

Nos cultivos de primavera e de outono a maioria dos clones avançados apresentam elevada produção de tubérculos em relação à produtividade média do Rio Grande do Sul.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Esta dissertação vem a somar para a caracterização agroclimatológica de clones avançados do Programa de Genética e Melhoramento de Batata da Universidade Federal de Santa Maria.

- Mais esforços de pesquisa devem ser direcionados para tentar caracterizar a interação da cultura da batata com o ambiente, procurando assim, selecionar clones mais adaptados e produtivos as regiões subtropicais do Brasil.

REFERÊNCIAS

AGUIAR NETTO, A. O.; RODRIGUES, J. D.; PINHO, S. Z. Análise de crescimento na cultura da batata submetida a diferentes laminas de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 5, p. 901-907, 2000.

ALVES, S. J.; FONSECA JUNIOR, N.; SERA, T. Melhoramento genético de plantas de propagação vegetativa. In: DESTRO, D.; MONTALVÁN, R. (Ed). **Melhoramento genético de plantas**. Londrina: UEL, 1999. p. 345-367.

ANDREU, M. A. Associação entre características agronômicas da batata nos plantios de primavera e outono no Rio Grande do Sul. **Ciência Agrotécnica**, v. 29, p. 925-929, 2005.

ANDRIOLO, J. L. et al. Defoliation of greenhouse tomato plants and its effects on dry matter accumulation and distribution to fruits. **Acta Horticulturae**, v. 559, p. 607-610, 2000.

_____. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria: UFSM, 1999. 142 p.

_____. et al. Growth, development and dry matter distribution of a tomato crop as affected by environment. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 73, p. 125-130, 1998.

ARNOLD, C. Y. Maximum-minimum temperature as a basis for computing heat units. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, v. 76, p. 682-692, 1960.

BÄTZ, W. et al. **Entwicklungsstadien der kartoffel**. Berlin: Biologische Bundesanstalt für land-und forstwirtschaft, Merkblatt, 1980. N.27/5.

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

_____. et al. Envelhecimento fisiológico de tubérculos de batata produzidos durante o outono e a primavera e armazenados em diferentes temperaturas. **Bragantia**, v. 67, p. 59-65, 2008b.

_____. **Recomendações técnicas para o cultivo da batata no Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Santa Maria: Centro de Ciência Rurais. 63 p. 1996.

_____. STRECK, N. A. **Desenvolvimento e manejo das plantas para alta produtividade e qualidade da batata**. 1. ed. Itapetininga, SP: Associação Brasileira de Batata, 2009, v. 1, 30 p.

_____. et al. Uso do ácido giberélico na quebra de dormência e de dominância apical em batata. **Ciência Rural**, v. 28, p. 205-213, 1998.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. 4. ed. Viçosa: UFV, 2005. 525 p.

BRADSHAW, J. E.; BRYAN, G. J.; RAMSEY, G. Genetic resources (including wild and cultivated *Solanum* species) and progress in their utilisation in potato breeding. **Potato Research**, v. 49, p. 49-65, 2006.

BURIOL, G. A. et al. Disponibilidade de radiação solar para o cultivo do tomateiro durante o inverno no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 6, p. 113-120, 2000.

_____. et al. Homogeneidade da radiação solar global medida nas estações meteorológicas da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 12, p. 65-72, 2006a.

_____. et al. Homogeneidade e estatísticas descritivas dos totais mensais e anuais de chuva de Santa Maria, Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 11, p. 89-97, 2006b.

CUBILLOS, A. G. Agronomic factors limiting potato productivity in developing countries. **Report of the planning conference on optimizing potato production in developing countries**. Lima: CIP, 1978. p. 76-90.

DELLAI, J. et al. Filocrono em diferentes densidades de plantas de batata. **Ciência Rural**, v. 35, 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. 13, p. 73-83, 1988.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: EMBRAPA – SPI; EMBRAPA – CNPS, 1999. 412 p.

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

FERNÁNDEZ, S. C. **Morfofisiologia da cultura de batata submetida a diferentes regimes hídricos**. 2008. 112 f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

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

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

FRANK, A. B.; BAUER, A. Phyllochron differences in wheat, barley and forage grasses. **Crop Science**, v. 35, p. 19-23, 1995.

GILMORE, E. C. Jr.; MOORE, F. D. Prediction of potato yield using temperature and insolation data. **American Potato Journal**, v. 55, p. 431-436, 1958.

HANCOCK, J. F. **Plant evolution and the origin of crop species**. New Jersey: Prentice Hall, 1992. 305 p.

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

_____. **The potato evolution, biodiversity and genetic resources**. Washington D. C.: Smithsonian Institution Press, 1990. 259 p.

HELDWEIN, A. B.; STRECK, N. A.; BISOGNIN, D. A. Batata. In: MONTEIRO, J. E. B. A. **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Instituto Nacional de Meteorologia, 2009. p. 281-293.

HIJMANS, R. J.; SPOONER, D. M. Geographic distribution of wild potato species. **American Journal of Botany**, v. 88, p. 2101-2112, 2001.

HUAMÁN, Z. **Botânica Sistemática y Morfología de la papa**. Centro internacional de la papa (CIP). LIMA/PERU. 1986.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em 28 de dezembro de 2011.

JEFFERIES, R. A. et al. Thermal time as a non-destructive method of estimating tuber initiation in potatoes. **Journal of Agricultural Science**, v. 108, p. 249-252, 1987.

KLEPPER, B. et al. Quantitative characterization of vegetative development in small cereals. **Agronomy Journal**, v. 74, p. 789-792, 1982.

KIRBY, E. J. Factors affecting rate of emergence in barley and wheat. **Crop Science**, v. 35, p. 11-19, 1995.

KOOMAN, P. L. et al. Genotype environment interactions in potato - I: Light interception, total dry matter production and tuber yield. **European Journal of Agronomy**, v. 5, p. 207-217, 1996.

KOOMAN, P. L.; RABBINGE, R. An analysis of the relationship between dry matter allocation to the tuber and earliness of a potato crop. **Annals of Botany**, v. 77, p. 235-242, 1996.

LOPES, C. A.; BUSO, J. A. **Cultivo da batata (*Solanum tuberosum* L.)**. Brasília: Embrapa-CNPQ, 1997. 36 p. (Embrapa- CNPQ. Instruções Técnicas, 8).

LEVY, D.; KEDAR, N. ***Solanum tuberosum***. In: HALEVY, A. H. **CRC Handbook of flowering**. Boca Raton: CRC, 1985. V. IV, p. 363-366.

MANRIQUE, L.A.; HODGES, T. Estimation of tuber initiation in potatoes grown in tropical environments based on different methods of computing thermal time. **American Potato Journal**, v. 66, p. 425-436, 1989.

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

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

_____. et al. Combining ability of potato genotypes for cool and warm seasons in Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 1, p. 145-157, 2001.

MIDMORE, D. J. **Fisiologia de la planta de papa bajo condiciones de clima calido**. Lima: CIP, 1987. 14 p. (Documento de Tecnología Especializada, 24).

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria de Agricultura, Diretoria de Terras e Colonização, Seção de Geografia, 1961. 43 p.

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

_____. et al. Expressão dos caracteres e seleção de clones de batata nas condições de cultivo de primavera e outono. **Ciência Rural**, v. 39, p. 1237-1334, 2009.

OLIVEIRA, C. A. S. Potato crop growth as affected by nitrogen and plant density. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 939-950, 2000.

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

PEREIRA, A. S.; CAMPOS, A. Teor de açúcar em genótipos de batata (*Solanum tuberosum* L.). **Ciência Rural**, v. 29, p. 13-16, 1999.

_____. CASTRO, C. M. **Batata ‘Macaca’ (Macaquinha, Rosa Redonda, Rosa Maçã)**. Comunicado Técnico 147, Pelotas: Embrapa Clima Temperado, dez. 2006. 2 p.

_____. DANIELS, J. (Eds). **O cultivo da batata na região sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 567p.

_____. A batata no estado do Rio Grande do Sul. In: PEREIRA, A. da S; DANIELS, J. (Eds.). **O cultivo da batata na região sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. p. 44-52.

RASTOVSKI, A. et al. **Storage of potatoes: post-harvest behavior, store design, storage practice, handling**. Wageningen: PUDOC, 1987. 453 p.

RODRIGUES, G. B. et al. Seleção para duração do ciclo vegetativo em batata e relação com a produtividade de tubérculos. **Horticultura Brasileira**, v. 27, p. 280-285, 2009.

RÍOS, D. et al. What is the origin of the european potato? Evidence from Canary Island landraces. **Crop Science**, v. 47, p. 1271-1280, 2007.

SANDS, P. J. et al. A model of the development and bulking of potatoes (*Solanum tuberosum* L.). I - Derivation from well-managed field crops. **Field Crops Research**, v. 2, p. 309-331, 1979.

SCHONS, A. et al. Emissão de folhas e início de acumulação de amido em raízes de uma variedade de mandioca em função da época de plantio. **Ciência Rural**, v. 37, p. 1586-1592, 2007.

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

_____. PINTO, C. A. B. P. Duration of the growth cycle and the yield potential of potato genotypes. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 5, p. 20-28, 2005.

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

_____. **Melhoramento da batata para processamento industrial em condição subtropical e temperada do sul do Brasil**. 2008. 134 f. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS; UFRGS, 2008. 126 p.

STRECK, N. A. et al. Associação da variabilidade da precipitação pluvial em Santa Maria com a Oscilação Decadal do Pacífico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 1553-1561, 2009a.

_____. et al. Estimativa do plastocrono em meloeiro (*Cucumis melo* L.) cultivado em estufa plástica em diferentes épocas do ano. **Ciência Rural**, v.35, p.1275-1280, 2005.

_____. et al. Filocrono em batateira afetado pelo tamanho do tubérculo-semente e pela época de cultivo. **Bragantia**, v. 68, p. 137-143, 2009b.

_____. 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.

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

TRENTIN, G. **Avaliação de sistemas de previsão de ocorrência de *Phytophthora infestans* em Batata**. 2006. 102 f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

Van Der ZAAG, D. E.; BURTON, W. G. Potential yield of the potato crop and its limitation. In: TRIENNIAL CONFERENCE OF THE EUROPEAN ASSOCIATION FOR POTATO RESEARCH, 7., 1978, Warsaw. **Proceedings...** Wageningen: [s.n.], 1978. p. 7-22.

VENDRUSCOLO, J. L. S; ZORZELLA C. A. **Processamento de batata (*Solanum tuberosum* L.): Fritura**. Embrapa Clima Temperado. Documentos, 104. Pelotas. 2002. 15p.

VISSER, R. G. F. et al. Sequencing the potato genome: outline and first results to come from the elucidation of the sequence of the world's third most important food crop. **American Journal of Potato Research** , v. 86 , p. 417-429, 2009.

WILHELM, W. W.; McMASTER, G. S. Importance of the phyllochron in studying development and growth in grasses. **Crop Science**, v. 35, p. 1-3, 1995.

XUE, Q. et al. Predicting leaf appearance infield grown winter wheat: evaluating linear and non – linear models. **Ecological Modelling**, v. 175, p. 261-270, 2004.