

DARIK OLIVEIRA SOUZA

**PRODUTIVIDADE DA BATATA SOB DIFERENTES REGIMES DE  
IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO CONVENCIONAL E GOTEJAMENTO NO  
SUL DE MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2008

DARIK OLIVEIRA SOUZA

PRODUTIVIDADE DA BATATA SOB DIFERENTES REGIMES DE  
IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO CONVENCIONAL E GOTEJAMENTO NO SUL  
DE MINAS GERAIS

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 17 de junho de 2008.

---

Prof. Gilberto Chohaku Sedyama  
(Co-orientador)

---

Prof. Laércio Zambolim  
(Co-orientador)

---

Prof. Elias Fernandes de Sousa

---

Prof. Márcio Mota Ramos

---

Prof. Everardo Chartuni Mantovani  
(Orientador)

Aos meus pais Sérgio Donizete de Souza e Dalila Maria de Oliveira Souza, aos meus avós Genoveva de Carvalho (*in memoriam*) e Joaquim Balbino de Oliveira Neto e aos meus irmãos Vinícius e Henrique O. Souza.

## **OFEREÇO**

Aos meus amigos e companheiros de trabalho.

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela vida e oportunidades concedidas.

Aos meus pais e aos meus irmãos, pela presença constante em meus dias (ainda que fisicamente distantes), pela amizade, pelo apoio, pelos conselhos, pelo amor, pela atenção, pela consideração, pelo respeito e pela fraternidade.

À Universidade Federal de Viçosa, por intermédio do Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização do Curso.

Ao convênio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, e Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (CNPq/MAPA), pelo financiamento deste trabalho.

A Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Professor Everardo Chartuni Mantovani, pela amizade, orientação, ensinamentos, confiança e convivência durante todo período acadêmico.

Aos Professores Gilberto Chohaku Sediya e Laércio Zambolim, pelas valiosas sugestões e dedicação, fundamentais na realização deste trabalho.

Ao Proprietário da Fazenda São Geraldo, Engenheiro Agrônomo Geraldo Pereira Alvarenga, pela contribuição do local de pesquisa e valiosos conselhos.

Ao meu amigo Barreiro, pela compreensão, disposição e inúmeros ensinamentos práticos durante todo trabalho.

A Nathalie Dona, pelo apoio e compreensão ao longo desta fase.

Aos meus amigos que contribuíram diretamente para a realização deste trabalho: Valdemar, Cido, Sur, Poka, Pena e Rovilso.

Aos funcionários da Fazenda São Geraldo: Romeu, Roberto, Cezar, Lena e seus filhos que contribuíram para a realização deste trabalho.

Aos integrantes da Associação dos Bataticultores do Sul de Minas Gerais - Abasmig, pela colaboração durante todo trabalho.

Aos meus colegas e amigos de trabalho do Departamento de Engenharia Agrícola.

A todos amigos e colegas da Universidade Federal de Viçosa.

Aos amigos de república: Palaretti, Torão, Custelinha, Tiago, Pira, Mané, Paxão, Luizinho, Tibú, Bruno Terra, Bruno Ponsoni, Matheus e agregados.

A todas as pessoas que contribuíram direto ou indiretamente para a realização deste trabalho, meu sincero agradecimento.

## **BIOGRAFIA**

DARIK OLIVEIRA SOUZA, filho de Sergio Donizete de Souza e Dalila Maria de Oliveira Souza, nasceu em 24 de junho de 1982 em Três Pontas, Estado de Minas Gerais.

Em março de 2001, iniciou o Curso de Agronomia na Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa - MG, onde foi estagiário e bolsista de iniciação científica (PIBIC/CNPq) no GESAI (Grupo de Estudos e Soluções para Agricultura Irrigada), diplomando-se em maio de 2006.

Nessa mesma data, ingressou no Curso de Mestrado em Meteorologia Agrícola, área de concentração em Agrometeorologia, no Departamento de Engenharia Agrícola DEA/UFV, Viçosa - MG, submetendo-se à defesa de dissertação de mestrado em junho de 2008.

## ÍNDICE

|   | Páginas |
|---|---------|
| RESUMO.....   | vii     |
| ABSTRACT.....   | ix      |
| INTRODUÇÃO GERAL.....   | 1       |
| REFERÊNCIAS.....  | 4       |
| <br>  |         |
| CAPITULO I - PRODUTIVIDADE DA BATATA SOB DIFERENTES<br>REGIMES DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO NO SUL DE<br>MINAS GERAIS.....            | 5       |
| 1. INTRODUÇÃO.....  | 5       |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS.....  | 6       |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....  | 13      |
| 4. CONCLUSÕES.....  | 24      |
| 5. REFERÊNCIAS.....   | 25      |
| <br>  |         |
| CAPITULO II - PRODUTIVIDADE DA BATATA SOB DIFERENTES<br>REGIMES DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO CONVENCIONAL<br>NO SUL DE MINAS GERAIS..... | 27      |
| 1. INTRODUÇÃO.....  | 27      |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS.....  | 28      |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....  | 36      |
| 4. CONCLUSÕES.....  | 48      |
| 5. REFERÊNCIAS.....   | 48      |
| <br>  |         |
| APÊNDICE.....   | 51      |

## RESUMO

SOUZA, Darik Oliveira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2008.

### **Produtividade da batata sob diferentes regimes de irrigação por aspersão convencional e gotejamento no sul de Minas Gerais.**

Orientador: Everardo Chartuni Mantovani, Co-orientadores: Gilberto Chohaku Sedyama e Laércio Zambolim.

A batateira (*Solanum tuberosum* L.) é uma das principais espécies cultivadas no mundo e desempenha papel importante como fonte de alimento, geração de emprego e renda para o país. No sul do Estado de Minas Gerais, uma das principais regiões produtoras de batata do Brasil, o cultivo é realizado durante todo ano sob regime de irrigação total ou suplementar. No entanto, o manejo da irrigação não é adotado corretamente por parte dos produtores, ocasionando decréscimos na produtividade e qualidade do produto. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes lâminas e regimes de irrigação na produção total e qualidade da batata em condições de campo. O ensaio foi desenvolvido na Fazenda São Geraldo, situada no município de São Gonçalo do Sapucaí, sul do Estado de Minas Gerais, no período de maio a setembro de 2007. No local foi cultivada a batata variedade Ágata sob dois sistemas de irrigação: gotejamento e aspersão convencional. Para o sistema de gotejamento, foi montado um esquema de parcelas subdivididas, com três freqüências de irrigação (F1 = 2 dias, F2 = 4 dias e F3 = 6 dias) nas parcelas, dispostas no delineamento em blocos casualizados com quatro repetições e quatro lâminas, sendo esta em função da irrigação total necessária - ITN: (L1 = 0,75 ITN, L2 = ITN, L3 = 1,25 ITN e L4 = 1,5 ITN) nas subparcelas. No sistema de aspersão convencional, o ensaio foi conduzido com duas freqüências de irrigação (F1 = 4 dias e F2 = 6 dias), quatro repetições e quatro lâminas (L1 = 0,8 ITN, L2 = ITN, L3 = 1,1 ITN e L4 = 1,25 ITN), sendo realizada análise de regressão. Na avaliação dos resultados, foram consideradas a produção total, produção de batata graúda ( $\geq 45$  mm) e miúda ( $< 45$  mm). As recomendações de diferentes lâminas foram efetuadas com a utilização do programa Irriplus<sup>®</sup>. A evapotranspiração total média da cultura da batata variou de 163,5 a 172,7 mm e 181,0 a 186,4 mm, irrigada por gotejamento e aspersão convencional, respectivamente. O ciclo fenológico da cultura foi de 119 dias (plantio à colheita). Com o sistema de irrigação por gotejamento, as menores lâminas

aplicadas foram de 156, 153,1 e 140,6 mm, correspondentes ao tratamento 0,75 ITN, para as freqüências de 2, 4 e 6 dias, respectivamente. As maiores lâminas aplicadas foram de 177,9; 188,5 e 188 mm, para o tratamento 1,5 ITN e freqüências de irrigação referentes a 2, 4 e 6 dias, respectivamente. No sistema de irrigação por aspersão convencional, as menores lâminas aplicadas, tratamento com 0,8 ITN, foram 133,3 e 129,5 mm nas freqüências de 4 e 6 dias, respectivamente. As maiores lâminas, tratamento 1,25 ITN, atingiram valores de 209,3 e 203,4 mm para as freqüências correspondentes a 4 e 6 dias. A produtividade média total e graúda da batata variedade Ágata irrigada por gotejamento foi de 61 e 50,3 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente, não obtendo ajustes satisfatórios para modelos de regressão. Para a produção de batata graúda, irrigado por aspersão convencional com freqüências de 4 e 6 dias, obteve-se pontos de máxima produção correspondentes às lâminas de 0,99 e 1,05 ITN. Para a produção total de batata, irrigada por aspersão convencional, com freqüência de 6 dias, obteve-se ponto de máxima produção correspondente à lâmina de 1,06 ITN. As maiores produtividades de batata irrigada por aspersão convencional foram alcançadas na freqüência de irrigação de 4 dias.

## ABSTRACT

SOUZA, Darik Oliveira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, June of 2008.

**Potato plant productivity under different conventional aspersion and drip-irrigation regimens in southern Minas Gerais.** Adviser: Everardo Chartuni Mantovani, Co-advisers: Gilberto Chohaku Sedyama and Laércio Zambolim.

Potato plant (*Solanum tuberosum* L.) is one of the main species cultivated worldwide, playing an important role as source of food, generating labor and income. In southern Minas Gerais, one of the major potato-producing regions in Brazil, cultivation is carried out throughout the year under total or supplementary irrigation. However, irrigation management practices are often not correctly adopted by farmers, leading to diminished product productivity and quality. This work aimed to evaluate the effect of different irrigation water depths and regimens on total productivity and quality of potato plants under field condition. The assay was developed at the Fazenda São Geraldo, located in the municipality of São Gonçalo do Sapucaí in southern Minas Gerais, from May to September 2007. The Agata variety potato plant was sown under two irrigation systems: drip-irrigation and conventional aspersion (sprinkler). For the drip-irrigation system, a split-plot design was arranged at three irrigation frequencies (F1 = 2 days, F2 = 4 days and F3 = 6 days) in the plots in a randomized block design, with four repetitions and four water depths, with the latter being in function of the total irrigation needed-ITN: (L1 = 0.75 ITN, L2 = ITN, L3 = 1.25 ITN and L4 = 1.5 ITN) in the split-plots. Under the conventional aspersion system, the assay applied two irrigation frequencies (F1 = 4 days and F2 = 6 days), four repetitions and four water depths (L1 = 0.8 ITN, L2 = ITN, L3 = 1.1 ITN and L4 = 1.25 ITN), followed by regression analysis. Evaluation of the results took into account total production, and large-sized ( $\geq 45$  mm) and small-sized ( $< 45$  mm) potato production. The use of different water depths was recommended using the program Irriplus<sup>®</sup>. Total mean evapotranspiration of the potato plant varied from 163.5 to 172.7 mm and 181.0 to 186.4 mm, under drip-irrigation and conventional aspersion, respectively. The phenological cycle of the culture was of 119 days (planting to harvest). Under the drip-irrigation system, the lowest water depths applied were 156, 153.1 and 140.6 mm, corresponding to treatment 0.75 ITN, at 2-,4-and 6-day frequencies,

respectively. The highest water depths applied were 177.9; 188.5 and 188 mm, for treatment 1.5 ITN at 2-, 4-and 6-day irrigation frequencies, respectively. Under the conventional aspersion system, the smallest water depths (treatment 0.8 ITN), were 133.3 and 129.5 mm at frequencies of 4 and 6 days, respectively. The highest water depths, (treatment 1.25 ITN), reached values of 209.3 and 203.4 mm at 4-and 6-day frequencies, respectively. Total mean productivity of the large-sized Agata variety potato using drip-irrigation was 61 and 50.3 t ha<sup>-1</sup>, respectively, with no satisfactory fit being obtained for regression models. For large-sized potato production under conventional aspersion at 4-and 6-day frequencies, maximum production points were obtained, corresponding to water depth values of 0.99 and 1.05 ITN. For total potato production, under conventional aspersion, at 6-day frequency, a maximum production point was obtained corresponding to water depth of 1.06 ITN. The highest potato productivities under conventional aspersion were attained at the 4-day irrigation frequency.

## INTRODUÇÃO GERAL

A batateira é uma planta dicotiledônea, pertencente à família *Solanaceae*, gênero *Solanum*, que conta com mais de 2.000 espécies, das quais pouco mais de 150 são produtoras de tubérculos. Entre as cultivadas, a espécie mais importante economicamente é a *Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum*, cultivada em, pelo menos, 140 países (TROGNITZ et al., 1997).

Atualmente, a batata é considerada a quarta fonte alimentar da humanidade, após o arroz, o trigo e o milho (FILGUEIRA, 2003). Este mesmo autor destaca que a batateira é a olerícola mais importante economicamente, segundo dados oficiais brasileiros, por ter maior área cultivada, produção física e valor de produção.

No Brasil, em 2006, a produção alcançou cerca de 3,125 milhões de toneladas, ocupou uma área de 141 mil hectares, com produtividade média de 22,2 t ha<sup>-1</sup>. Os principais estados produtores foram Minas Gerais, Paraná, São Paulo, Rio Grande do Sul e Santa Catarina (IBGE, 2007).

O Estado de Minas Gerais é o principal produtor nacional de batata com aproximadamente um milhão de toneladas. Esse valor correspondeu a, aproximadamente, 32% do total produzido no Brasil em 2005, sendo o sul do estado a principal região produtora (SDEEMG, 2007).

Alguns fatores contribuem para esta posição de destaque na produção de batata na região sul do estado: clima adequado para cultura, podendo ser obtidas até três colheitas por ano; localização privilegiada dos campos de produção em relação aos grandes centros de comercialização e distribuição do produto; aperfeiçoamento das técnicas de preparo do solo, fertilização, aplicação de defensivos e utilização de variedades adequadas para a região; e utilização de sistemas de irrigação para suprir de forma total ou suplementar as necessidades hídricas da cultura.

Na região sul do Estado de Minas Gerais, o principal sistema de irrigação adotado nas lavouras de batata é aspersão convencional. Neste sistema, a água é aplicada em gotas sobre a superfície, na forma de chuva artificial, pelo fracionamento de um jato de água na atmosfera. A água é distribuída sobre toda a superfície do terreno, irrigando 100% da área.

Entre as vantagens deste sistema, destaca-se a possibilidade de uso em qualquer tipo de solo e terreno (MAROUELLI e GUIMARAES, 2006) e possuir menor custo de implantação por área cultivada. As desvantagens estão relacionadas ao uso intensivo de mão-de-obra, menor eficiência de aplicação e elevado consumo de energia. Este sistema, quando operado de maneira incorreta, pode aplicar grande volume de água por turno, implicando em conseqüências negativas como: desperdício de água; lixiviação de nutrientes no perfil do solo, reduzindo a eficiência das fertilizações; molhamento da parte aérea das plantas, lavando parte dos defensivos aplicados e causando até severos danos mecânicos nas folhas, criando assim, condições que favorecem a ocorrência de doenças (GARCIA, 2003).

Outra opção em relação aos equipamentos tradicionais de irrigação na batateira é o sistema por gotejamento. Este consiste na aplicação de água via superfície ou subsuperfície do solo, próximo à raiz, com baixa intensidade e alta freqüência. O gotejamento, em relação à aspersão, apresenta as seguintes vantagens: maior eficiência no uso da água, controle fitossanitário facilitado e favorecido, podendo reduzir a necessidade de pulverização nas plantas; menor consumo de energia; fertirrigação viabilizada e favorável; redução da utilização de mão-de-obra e produção equivalente ou superior (FILGUEIRA, 2003). Algumas desvantagens referem ao custo de implantação e operacionalidade do sistema na lavoura.

Na aplicação da tecnologia de irrigação é necessário fazer um controle rigoroso do sistema e uma determinação adequada da quantidade de água a ser aplicada ao solo, que é função do tipo de solo, da cultura em seus diferentes estádios de desenvolvimento, da freqüência das irrigações e das condições meteorológicas locais.

Existem várias formas de se conduzir o manejo da irrigação. Na batateira, a determinação da evapotranspiração da cultura e a utilização de sensores para a estimativa do teor de água no solo, são os que possibilitam um melhor controle (MAROUELLI et al., 1996). De modo geral, a utilização da irrigação na cultura da batata tem sido realizada de forma empírica, baseando somente no senso comum, por meio de práticas impróprias de manejo e do uso de sistemas de irrigação com baixa uniformidade de distribuição de água (MAROUELLI, 1997).

A batateira tem desenvolvimento e produtividade intensamente influenciados pelas condições de umidade do solo. Assim, o controle desta é decisivo para o êxito da cultura (MAROUELLI e CARRIJO, 1987).

Bezerra (1998), estudando a deficiência hídrica (comparando 50 e 100% da lâmina média de irrigação) aplicada em vários estádios de desenvolvimento da batata, concluiu que houve uma redução de 48,7 % na produtividade da batateira quando o déficit foi aplicado no estádio de tuberização em relação à testemunha. A deficiência hídrica aplicada seqüencialmente nos estádios de tuberização e enchimento de tubérculos ocasionou redução em 65,4 % na produção e quando aplicada nos três estádios (estádio vegetativo, tuberização e enchimento de tubérculos), reduziu a produtividade em 70,5% em relação à testemunha (sem déficit).

Perdas na produção de batata na ordem de 13, 18 e 23%, tem sido relatadas em condições de redução na irrigação de 20, 40 e 60%, respectivamente (ZHIVKOV e KALTCHEVA, 1997).

Segundo Doorenbos e Kassan (2000), a batateira é relativamente sensível ao déficit hídrico durante os estádios de estolonização, início da formação e crescimento dos tubérculos. O excesso de água no solo também é prejudicial à cultura, além do consumo excessivo de energia, a boa aeração e drenagem do solo são exigências básicas para a bataticultura ser bem-sucedida, sendo mais adequado à utilização de glebas secas, irrigáveis, comparado a várzeas úmidas (FILGUEIRA, 2003).

O conhecimento das necessidades hídricas da cultura da batata, associado as atuais e novas tecnologias de irrigação, podem possibilitar o aumento da produtividade e da lucratividade, além de otimizar o uso dos recursos hídricos, agroquímicos e qualidade do produto.

Este trabalho, teve por objetivo:

- Avaliar o efeito de diferentes regimes de irrigação por gotejamento na produtividade da batata no sul de Minas Gerais; e
- Avaliar o efeito de diferentes regimes de irrigação por aspersão convencional na produtividade da batata no sul de Minas Gerais.

## REFERÊNCIAS

BEZERRA, F. M. L.; ANGELOCCI, L. R.; MINAMI, K. Deficiência hídrica em vários estádios de desenvolvimento da batata. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2, n. 2, p.119-123, 1998.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeitos da água no rendimento das culturas**. Estudos FAO Irrigação e Drenagem 33. FAO, 1979. Versão em português - 2º Edição - Dep. de Eng. Agrícola, UFPB - 2000.

FILGUEIRA, F. A. R. **Solanáceas**: Agrotecnologia moderna na produção de tomate, batata, pimentão, pimenta, berinjela e jiló. Lavras - MG: Editora UFLA, 2003. 331 p.

GARCIA, C. J.B. **Irrigação por gotejamento superficial e subsuperficial na cultura de batata (*Solanum tuberosum* L.) com dois sistemas de plantio**. 2003. 67 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" UNESP, Botucatu, SP.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. In: **Levantamento sistemático da produção agrícola**: Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa02200704.shtm>>. Acesso em: 02 abr. 2007.

MARQUELLI, W. A.; CARRIJO, O. A. Irrigação. In: REIFSCHNEIDER, F. J. B. (Ed.). **Produção de batata**. Brasília: Linha Gráfica, 1987. p. 57-66.

MARQUELLI, W. A. **Improving chemigation efficacy by controlling droplet size distribution of oil-based pesticides**. Tucson: University of Arizona, 1996. 245 f. Tesis (PhD) - University of Arizona, 1996.

MARQUELLI, W. A. Irrigação. In: LOPES, C. A.; BUSO, J. A., (Ed.). **Cultivo da batata (*Solanum tuberosum* L.)**. Brasília: EMBRAPA-CNPQ, 1997. p.16-19. (Instruções Técnicas da Embrapa Hortaliças, 8).

MORQUELLI, W. A., GUIMARÃES, T. G. **Irrigação na cultura da batata**. Publicação técnica. ABBA - Associação Brasileira da Batata. Itapetininga, SP, 2006. 66 p.

SDEEMG - Secretaria de Desenvolvimento Econômico do Estado de Minas Gerais. In: **Oportunidades de Negócios, Batata-Inglesa**. Disponível em: <<http://desenvolvimento.mg.gov.br>> . Acesso: 27 de abr. 2007.

TROGNITZ, B. R.; ESLAVA, M.; PORTAL, L.; RAMÓN, P. **Resistance to late blight from diverse wild sources**. Lima: CIP, 1997. p.127-137.

ZHIKOY, Z.; KALTCHEVA, S.; Irrigation of potatoes under condition of water deficit. **Acta Horticulture**, Leuven, v.1, n.449, p. 217-221, 1997.

# **CAPÍTULO I - PRODUTIVIDADE DA BATATA SOB DIFERENTES REGIMES DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO NO SUL DE MINAS GERAIS**

## **1. INTRODUÇÃO**

A batateira (*Solanum tuberosum* L.) é uma das principais espécies cultivadas no mundo e desempenha papel importante como fonte de alimento, de geração de emprego e de renda para o país.

No sul do Estado de Minas Gerais, uma das principais regiões produtoras de batata do Brasil, cultiva-se esta espécie em, praticamente, durante todo ano, sob irrigação total ou suplementar. No entanto, o manejo da irrigação não é adotado corretamente por parte dos produtores, ocasionando decréscimos na produtividade e qualidade do produto.

A batata apresenta desenvolvimento e produtividade influenciados pelas condições de umidade do solo. Assim, o controle do teor de água no solo é decisivo para o êxito da cultura (MAROUELLI e CARRIJO, 1987).

A batateira é relativamente sensível ao déficit hídrico durante os estádios de estolonização, início da formação e crescimento dos tubérculos (DOORENBOS e KASSAM, 2000).

O excesso de água no solo também é prejudicial à cultura, além do consumo excessivo de energia, a boa aeração e drenagem do solo são exigências básicas para a bataticultura ser bem-sucedida (FILGUEIRA, 2003).

No intuito de aperfeiçoar a prática de irrigação nas lavouras de batata, vários estudos estão sendo direcionados para adequação de métodos localizados de irrigação nesta cultura.

Refere-se à irrigação localizada, mais especificamente à irrigação por gotejamento, como opção de tecnologia de irrigação e fertilização mais racional para o setor, visto que, possibilita maior eficiência no uso da água e que apresenta a menor demanda de energia e de mão-de-obra (GARCIA, 2003).

O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito de quatro diferentes lâminas e três freqüências de irrigação na produção de batata graúda, miúda e total, irrigada por gotejamento, na região sul do Estado de Minas Gerais.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de maio a setembro de 2007, na Fazenda São Geraldo, em São Gonçalo do Sapucaí, Minas Gerais, 21° 53' 32" de latitude Sul, 45° 35' 43" de longitude Oeste e altitude de 868 m.

Foi empregado no plantio a variedade Ágata de origem holandesa, de porte baixo, boa arquitetura foliar, precoce de vegetação, e que determina rapidamente o número, a uniformidade e a alta produtividade de tubérculos produzidos (MELO et al., 2003).

Na área do experimento, foi adotado a rotação de culturas, com intervalos de 4 anos, sendo que, após o cultivo da batata, cultiva-se milho no primeiro ano e pastagem - *Brachiária bryzantha* - nos anos subseqüentes.

O preparo do solo para o plantio da batata constituiu de duas arações, sendo a primeira com antecedência de dois meses antes do plantio, seguida de uma gradagem. Nesta ocasião, realizou-se a calagem do solo (1,5 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico), conforme resultados apresentados na análise química do solo (Apêndice). As análises foram obtidas no Laboratório de Análise de Solos, Departamento de Solos (DPS) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa-MG.

A segunda aração foi realizada na época do plantio, seguida de uma gradagem e subsolagem, obtendo condições adequadas para ser sulcado.

Os sulcos de plantio foram abertos mecanicamente com 0,1 a 0,15 m de profundidade e espaçados de 0,75 m, nos quais foram plantadas as batatas previamente brotadas - terceira geração - com espaçamento de 0,3 m entre tubérculos pelo sistema manual.

Efetou-se a adubação em observância à análise química do solo e recomendações de necessidades da cultura. Foram utilizados 3.128 kg ha<sup>-1</sup> de fertilizante 04-12-08 no sulco de plantio e 900 kg ha<sup>-1</sup> de fertilizante 18-00-12 em cobertura na ocasião da amontoa da batata, vinte e cinco dias após o plantio (25 DAP).

Para a determinação das características físico-hídricas do solo, foi utilizada uma área de 4,0 m<sup>2</sup> ao lado do experimento. Foram realizadas amostragens de solo nas camadas de 0,0-0,2 e 0,2-0,4 m de profundidade. Em complementação, foi realizado, no mesmo local o método da bacia para

determinação da capacidade de campo (CC), descrito por Bernardo et al. (2007), que consiste na saturação do local em estudo (4 m<sup>2</sup>), proteção do local contra perda de água por evaporação e escoamento, e retiradas de amostras de umidade do solo no perfil desejado, iniciando 24 horas após a saturação do mesmo. O teor de água representativo da (CC) foi identificado no momento de estabilização dos valores de umidade.

Os resultados estão apresentados no Quadro 1, realizado pelo Laboratório de Física do Solo - Departamento de Solos (DPS) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa-MG.

Quadro 1 - Características físico-hídricas do solo. Fazenda São Geraldo, município de São Gonçalo do Sapucaí - MG, 2007.

| Característica                                   | Camada       |              |
|--|--------------|--------------|
|  | (0,0 - 0,2m) | (0,2 - 0,4m) |
| Areia Grossa (dag kg <sup>-1</sup> )             | 7            | 6            |
| Areia Fina (dag kg <sup>-1</sup> )               | 7            | 7            |
| Silte (dag kg <sup>-1</sup> )                    | 17           | 9            |
| Argila (dag kg <sup>-1</sup> )                   | 69           | 78           |
| Densidade do solo (g dm <sup>-3</sup> )          | 1,25         | 1,24         |
| Densidade de partículas (g dm <sup>-3</sup> )    | 2,41         | 2,50         |
| Capacidade de Campo (CC)* (dag g <sup>-1</sup> ) | 0,435        | 0,43         |
| Ponto de Murcha (PM)** (dag g <sup>-1</sup> )    | 0,256        | 0,234        |

\* Valores obtidos pelo Método da Bacia.

\*\* Valores para uma tensão de -1500 Kpa.

Foi efetuado o controle químico das plantas daninhas com a aplicação em pré-emergente do produto Metribuzin, na dose de 1,0 L ha<sup>-1</sup> e volume de calda de 400 L ha<sup>-1</sup>.

Para o controle das pragas e doenças foram realizadas aplicações de forma preventiva, segundo as variações climáticas e as observações no campo, utilizando produtos recomendados para a cultura da batata, descritos no Quadro 2.

Quadro 2 - Relação do tratamento fitossanitário empregado no cultivo da batateira. Fazenda São Geraldo, município de São Gonçalo do Sapucaí - MG, 2007.

| Princípio Ativo                  | Dosagem                 | Aplicações | Praga / Doença              |
|----------------------------------|-------------------------|------------|-----------------------------|
| Lambda-Cialotrina/<br>Tiametoxam | 100 mL ha <sup>-1</sup> | 4          | Larva - Alfinete / Vaquinha |
| Metamidofós                      | 300 mL ha <sup>-1</sup> | 4          | Traça                       |
| Abamectim                        | 300 mL ha <sup>-1</sup> | 2          | Larva - Minadora            |
| Lambda-Cialotrina                | 300 mL ha <sup>-1</sup> | 2          | Larva - Minadora            |
| Tifluzamida                      | 3 L ha <sup>-1</sup>    | 1          | Rhizoctoniose               |
| Azoxistrobina                    | 80 g ha <sup>-1</sup>   | 4          | Pinta - Preta               |
| Mancozebe                        | 3 kg ha <sup>-1</sup>   | 6          | Pinta - Preta / Requeima    |

Para a dessecação da cultura da batata, no estágio final de desenvolvimento, foi utilizado o produto Paraquat, na dose de 2,0 L ha<sup>-1</sup>, (98 DAP).

O experimento foi montado em blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, com três freqüências de irrigação (F1 = 2 dias, F2 = 4 dias e F3 = 6 dias) nas parcelas, com quatro repetições e quatro lâminas, sendo esta em função da irrigação total necessária - ITN (L1 = 0,75 ITN, L2 = ITN, L3 = 1,25 ITN e L4 = 1,5 ITN) nas subparcelas, conforme ilustrado nas Figuras 1 e 2.

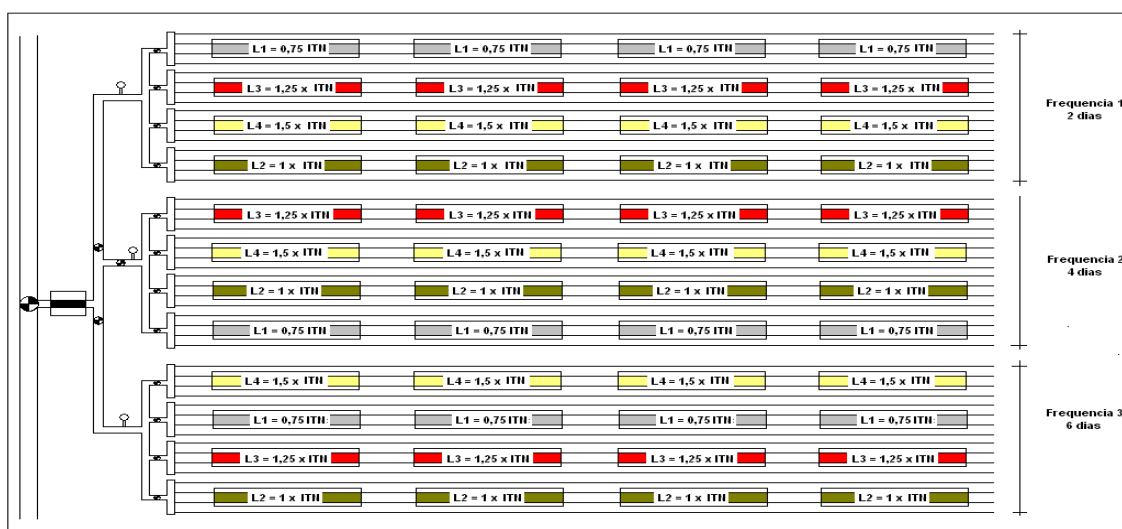


Figura 1 - Esquema do experimento de irrigação por gotejamento na cultura da batata. Fazenda São Geraldo - São Gonçalo do Sapucaí - MG, 2007.



Figura 2 - Vista parcial do experimento de irrigação por gotejamento na cultura da batata. Fazenda São Geraldo - São Gonçalo do Sapucaí - MG, 2007.

Cada parcela experimental media 12 m de largura por 24 m de comprimento que foi subdividida em 16 subparcelas iguais de 3 m de largura por 6 m de comprimento ( $18 \text{ m}^2$ ). Em cada subparcela, foi delimitada uma bordadura de 0,75 m de lado, resultando em subparcelas de 1,5 m por 4,5 m, área útil de ( $6,75 \text{ m}^2$ ). A área útil de cada subparcela foi constituída de 2 fileiras centrais, com um total de 30 plantas úteis.

O sistema de irrigação por gotejamento foi constituído por um conjunto motobomba instalado próximo à área experimental, uma adutora, uma tubulação principal de aço zincado com 100 mm de diâmetro, cabeçal de controle composto de (registros, filtro de discos e tomada de controle de pressão) três linhas de derivação de 50 mm de diâmetro e 48 linhas laterais de gotejadores (mangueira gotejadora Petroisa) de 16 mm de diâmetro interno, vazão de  $1,58 \text{ L h}^{-1}$  e com espaçamento de 0,2 m entre emissores. Foi adotado um tubo gotejador para cada fileira de plantas.

Para a determinação do coeficiente de uniformidade de distribuição de água do sistema de irrigação, amostraram-se pontos utilizando-se o método proposto por Keller e Karmeli (1975), modificado por Denículi et al. (1980), que consiste na estimativa das vazões de 8 emissores ao longo da mangueira

(início, 2/7, 3/7, 4/7, 4/7, 6/7, 7/7 e final) em 4 linhas do setor (início, 1/3, 2/3 e final).

Para o cálculo do coeficiente de uniformidade de água, utilizou a metodologia expressa pelo (CUC) (Coeficiente de Uniformidade de Christiansen), apresentado na equação 1.

$$CUC = 100 \left( 1 - \frac{\sum |q_i - q_{med}|}{n \cdot q_{med}} \right) \quad (1)$$

em que,

$CUC$  = coeficiente de uniformidade de Christiansen (adimensional);

$q_i$  = vazão de cada gotejador ( $L h^{-1}$ );

$q_{med}$  = vazão média dos gotejadores ( $L h^{-1}$ ); e

$n$  = números de gotejadores avaliados.

O valor de CUC avaliado e calculado foi de 95,6 %, considerado excelente para este sistema.

A irrigação real necessária em sistemas localizados é determinada em função de parâmetros das características do solo e da planta (equação 2), que representa a real necessidade de água do sistema solo-planta.

$$IRN_{loc} = \left( \frac{CC - Ua}{10} \right) da z \frac{PAM}{100} \quad (2)$$

em que,

$IRN_{loc}$  = irrigação real necessária em sistemas localizados (mm);

$CC$  = capacidade de campo ( $dag g^{-1}$ );

$Ua$  = teor de água atual do solo ( $dag g^{-1}$ );

$da$  = densidade do solo ( $g.cm^{-3}$ );

$z$  = profundidade efetiva do sistema radicular (m); e

$PAM$  = porcentagem de área molhada (%).

O valor de  $z$  foi estimado por meio da avaliação de uma trincheira perpendicular à linha de plantas, para cada estágio de desenvolvimento da cultura.

O valor de IRN foi corrigido em função da eficiência de aplicação do sistema de irrigação utilizado, definindo a irrigação total necessária (ITN) (equação 3), que associada aos valores de evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ), estimada para as condições meteorológicas do local, definiram a quantidade de água a ser repostada pelo sistema de irrigação.

$$ITN = \frac{IRN_{loc}}{Ea} \quad (3)$$

em que,

$ITN$  = irrigação total necessária (mm);

$IRN_{loc}$  = irrigação real necessária em sistemas localizados (mm); e

$Ea$  = eficiência de aplicação (%).

A eficiência de aplicação ( $Ea$ ) foi estimada considerando a desuniformidade com que a água foi distribuída pelo sistema sobre a superfície irrigada.

Para o controle da irrigação, foi utilizado o programa Irriplus<sup>®</sup>, que possibilita o cálculo do balanço hídrico por meio de medidas climáticas e ajustes de campo, via determinação esporádica do teor de água do solo (MANTOVANI, 2007). A metodologia de cálculo da evapotranspiração adotada no programa Irriplus<sup>®</sup> é descrita na equação 4.

$$ET_c = ET_o \cdot kc \cdot kl \cdot ks \quad (4)$$

em que:

$ET_c$  = evapotranspiração da cultura (mm d<sup>-1</sup>);

$ET_o$  = evapotranspiração de referência (mm d<sup>-1</sup>);

$kc$  = coeficiente da cultura (adimensional);

$kl$  = coeficiente de localização; e

$k_s$  = coeficiente de estresse de água em função do teor de água atual do solo.

No local, foi instalada uma estação meteorológica automática (Metos) para obtenção dos seguintes dados meteorológicos: temperatura (máxima, mínima e média), umidade relativa, velocidade de vento, radiação solar e precipitação.

A ETo foi estimada diariamente por meio da equação de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998) e o coeficiente da cultura (kc) estimado de acordo com os estádios de desenvolvimento da cultura (Quadro 3).

Quadro 3: Coeficiente da cultura (kc) conforme o estágio de desenvolvimento da batateira.

| Estádio de Desenvolvimento                  | Descrição do Estádio   | Duração (dias) | Coeficiente da Cultura (kc) |
|---|--|----------------|-----------------------------|
| I - Inicial                                 | Plantio até emergência das hastes  | 7 - 10         | 0,45 – 0,55                 |
| II - Vegetativo                             | Emergência das hastes até o aparecimento dos estolões                    | 15 - 20        | 0,45 – 0,55                 |
| III - Estolonização e início de tuberização | Início da formação dos estolões até o crescimento inicial dos tubérculos | 15 – 20        | 0,75 – 0,85                 |
| IV - Crescimento de tubérculos              | Início da tuberização até o início da senescência das plantas            | 40 - 55        | 1,00 – 1,10                 |
| V - Maturação                               | Início da senescência das plantas até a colheita dos tubérculos          | 10 - 15        | 0,65 – 0,75                 |

Fonte: Adaptado de Allen et al., (1998) e Marouelli et al., (2006).

Para determinar a evapotranspiração em cultivos irrigados com sistemas localizados, é necessário o uso de coeficiente de ajuste específico (kl). Neste trabalho utilizou o modelo proposto por Keller e Bliesner (1990), descrito na equação 5, baseado na porcentagem de área molhada ou sombreada.

$$kl = 0,1 \sqrt{P} \quad (5)$$

em que P é a porcentagem de área sombreada ou molhada.

O coeficiente de estresse hídrico (ks), que possibilita o ajuste da evapotranspiração potencial para a evapotranspiração real da cultura em

função do teor de água atual do solo, ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura, foi estimado pelo modelo logarítmico, tal como descrito na equação 6.

$$k_s = \frac{\ln[(U_a - PM) + 1]}{\ln[(CC - PM) + 1]} \quad (6)$$

em que:

$k_s$  = coeficiente de estresse de água em função do teor de água atual do solo;

$U_a$  = teor de água atual do solo ( $\text{dag g}^{-1}$ );

$PM$  = ponto de murcha permanente ( $\text{dag g}^{-1}$ ); e

$CC$  = capacidade de campo ( $\text{dag g}^{-1}$ );

De posse destes dados, as recomendações de diferentes lâminas e freqüências de irrigação, foram efetuadas com a utilização do programa Irriplus<sup>®</sup>.

Os tubérculos colhidos da área útil de cada subparcela foram pesados e classificados de acordo com o tamanho do tubérculo, determinado pelo maior diâmetro transversal como: batata graúda  $\geq 45$  mm e miúda  $< 45$  mm.

Na avaliação dos resultados, foram consideradas as produções total, de batatas graúdas e de miúdas. Os resultados foram submetidos à análise de variância, e os valores médios comparados pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 3 são apresentadas as variações da temperatura máxima, média e mínima do ar, obtidos durante o ciclo da cultura. A temperatura média foi de 16,2 °C com mínimas de 10,3 °C e máximas de 23,3 °C, com pouca variação durante o ciclo da cultura. Segundo Antunes e Fortes (1981), de um modo geral, a temperatura média do ar ótima para a cultura da batata está entre 10 e 20 °C. Já Filgueira (2003) relata que, para a cultura da batata, é essencial uma alternância térmica apropriada durante um dia de 24 horas - a denominada "termoperiodicidade diária" - para obter-se o adequado

desenvolvimento das plantas e dos tubérculos. Esta alternância foi observada no local durante o experimento, com baixas temperaturas noturnas e temperaturas amenas durante o dia, acarretando no bom desenvolvimento da cultura.

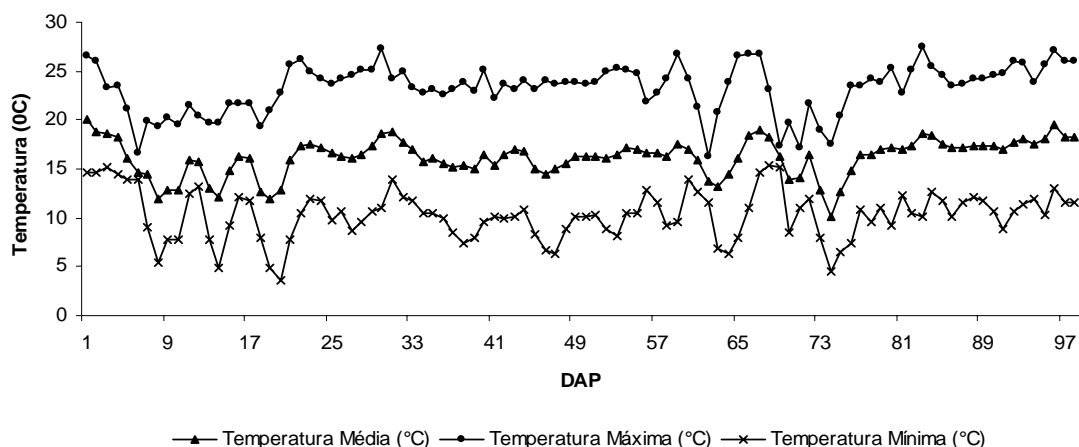


Figura 3 - Temperatura máxima, média e mínima diárias durante o ciclo da cultura. Fazenda São Geraldo - São Gonçalo do Sapucaí - MG, 2007.

Na Figura 4 são apresentadas as variações da umidade relativa do ar e precipitação ao longo do ciclo da cultura.

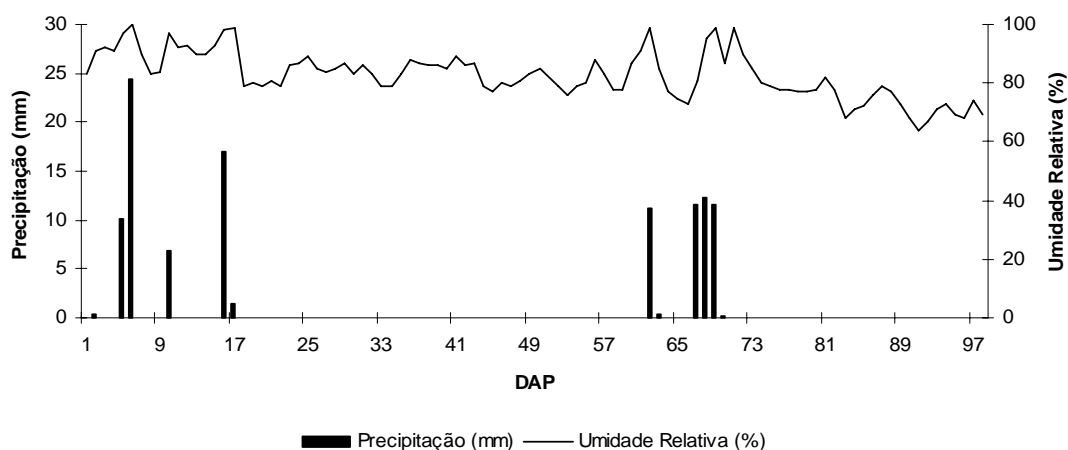


Figura 4 - Umidade relativa do ar e precipitação durante o ciclo da cultura. Fazenda São Geraldo - São Gonçalo do Sapucaí - MG, 2007.

O total da precipitação foi de 107,4 mm, sendo 95,8 mm relativa aos cálculos de balanço hídrico da cultura, fato este explicado pelo coeficiente de

localização da cultura (kl), que ajusta os valores de precipitação, irrigação e evapotranspiração no raio de interceptação da cultura.

Houve um período prolongado de chuvas durante os estádios inicial e de crescimento dos tubérculos. Durante estes estádios, o excesso de água no solo poderia ter provocado o apodrecimento da batata-semente plantada ou dos tubérculos formados, além de anomalias de origem fisiológicas nos tubérculos como: chocolate, o embonecamento e as rachaduras (FILGUEIRA, 2003). O excesso de água no estágio inicial é prejudicial, pois reduz a aeração do solo, favorecendo o desenvolvimento de vários patógenos de solo e a respiração dos tubérculos, levando a batata-semente a um estresse metabólico (PAVLISTA, 2003) e a um comprometimento do estande (MAROUELLI e GUIMARÃES, 2006). De acordo com Nazareno et al. (2003), períodos prolongados de chuvas e, ou orvalho e temperaturas abaixo de 20 °C iniciando após 30 DAP, a planta é mais predisposta à infecção pela *P. infestans*, com potencial para desenvolver a requeima. No entanto, o excesso de precipitação não afetou o estande, a qualidade dos tubérculos colhidos e não houve indício de requeima na lavoura.

Na Figura 5 são apresentadas as variações da velocidade do vento e radiação durante o ciclo da cultura.

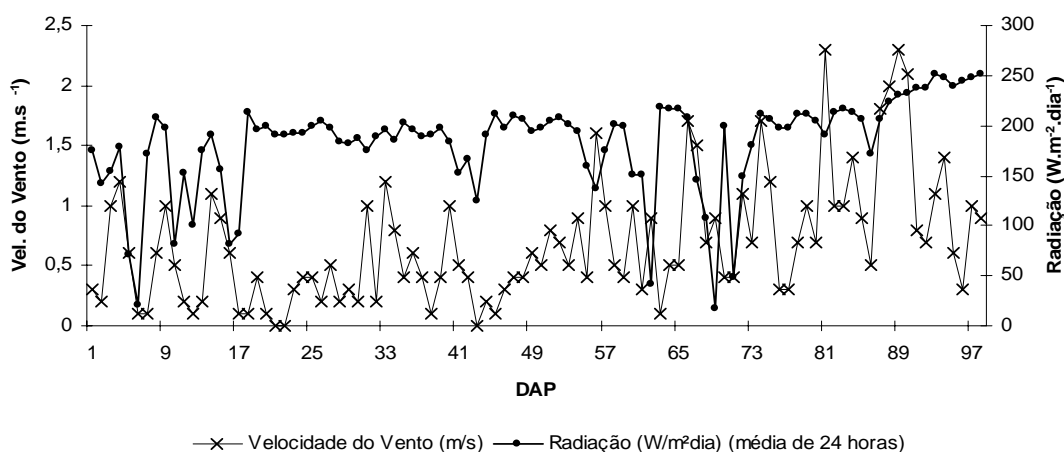


Figura 5 - Velocidade do vento e radiação durante o ciclo da cultura. Fazenda São Geraldo - São Gonçalo do Sapucaí - MG, 2007.

Observa-se um aumento da velocidade do vento e radiação no final do ciclo da cultura, ocasionando aumento da evapotranspiração de referência

(ETo), visualizado na Figura 6. A ETo média durante o ciclo da cultura foi de 2,06 mm. Durante o ciclo da cultura, as médias foram: estágio inicial: 1,59 mm, estágio vegetativo: 1,94mm, estágio de estolonização e início de tuberização: 1,75mm, estágio de crescimento de tubérculos: 2,15mm e estágio de maturação: 3,33 mm.

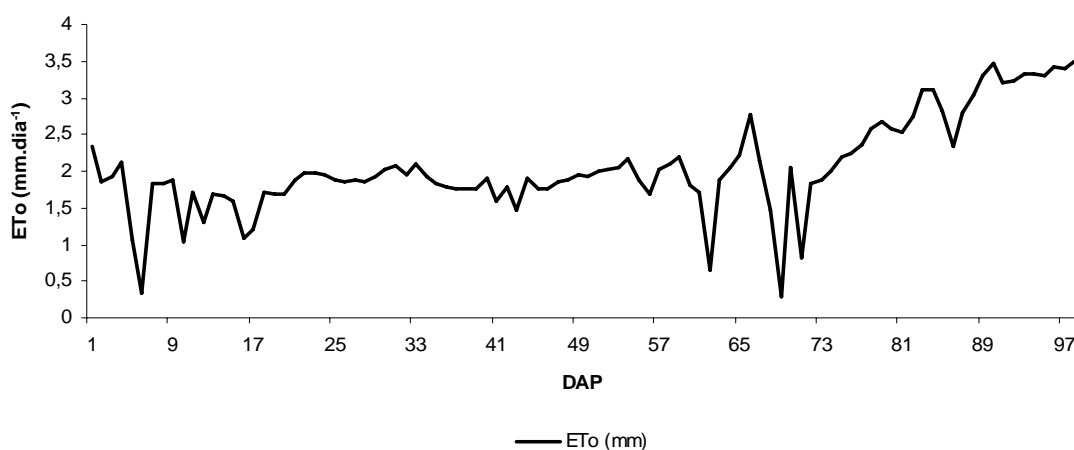


Figura 6 - Evapotranspiração de referência estimada durante o ciclo da cultura. Fazenda São Geraldo - São Gonçalo do Sapucaí - MG, 2007.

A duração dos estádios fenológicos e as necessidades hídricas da cultura da batata são variáveis, dependendo principalmente das condições climáticas do local e da duração do ciclo da batata (DOORENBOS e KASSAM, 2000; DUARTE, 1989). No presente trabalho, adotou-se cinco estádios no estudo fenológico da cultura, de acordo com Allen et al. (1998); Marouelli e Guimarães (2006).

A estágio inicial ocorreu em 21 dias e correspondeu ao período entre o plantio da batata-semente (18 de maio de 2007) até a condição de mais de 50 % das plantas emergidas. Este prolongamento do estágio não está coerente com valores citados na literatura, que estimam a duração entre 7 a 10 dias (MAROUELLI e GUIMARÃES, 2006). Durante este estágio, a ocorrência de baixas temperaturas e de precipitações não favoreceram o desenvolvimento e, conseqüentemente, a emergência das plantas. Nesta etapa, as plantas apresentavam tamanho reduzido e propiciaram pequena cobertura do solo, o que justificou o baixo consumo de água, que foi em média 0,69 mm d<sup>-1</sup>, visualizado no Quadro 5.

Quadro 5 - Resumo do balanço hídrico por estádio e ciclo total da cultura da batata, conduzido no experimento: Três freqüências de irrigação (2, 4 e 6 dias) e quadro lâminas de irrigação, correspondentes a (0,75, 1, 1,25 e 1,5) da ITN.

| Freqüência de irrigação: 2 dias |          |      |      |      |      |              |      |      |      |      |      |              |          |      |      |       |      |              |         |      |      |       |      |              |  |
|---------------------------------|----------|------|------|------|------|--------------|------|------|------|------|------|--------------|----------|------|------|-------|------|--------------|---------|------|------|-------|------|--------------|--|
| Tratamento                      | 0,75 ITN |      |      |      |      |              | ITN  |      |      |      |      |              | 1,25 ITN |      |      |       |      |              | 1,5 ITN |      |      |       |      |              |  |
|                                 | I        | II   | III  | IV   | V    | Total        | I    | II   | III  | IV   | V    | Total        | I        | II   | III  | IV    | V    | Total        | I       | II   | III  | IV    | V    | Total        |  |
| Duração (dias)                  | 21       | 14   | 10   | 45   | 8    | <b>98</b>    | 21   | 14   | 10   | 45   | 8    | <b>98</b>    | 21       | 14   | 10   | 45    | 8    | <b>98</b>    | 21      | 14   | 10   | 45    | 8    | <b>98</b>    |  |
| ETo (mm)                        | 33,4     | 27,2 | 17,5 | 96,9 | 26,7 | <b>201,7</b> | 33,4 | 27,2 | 17,5 | 96,9 | 26,7 | <b>201,7</b> | 33,4     | 27,2 | 17,5 | 96,9  | 26,7 | <b>201,7</b> | 33,4    | 27,2 | 17,5 | 96,9  | 26,7 | <b>201,7</b> |  |
| ETc (mm)                        | 14,6     | 17,6 | 16,7 | 98,6 | 21,7 | <b>169,2</b> | 14,6 | 17,7 | 16,9 | 99,8 | 22,1 | <b>171,1</b> | 14,6     | 17,7 | 17,0 | 100,5 | 22,4 | <b>172,2</b> | 14,6    | 17,7 | 17,0 | 100,9 | 22,5 | <b>172,7</b> |  |
| Irrigação (mm)                  | 18,0     | 16,5 | 16,6 | 85,8 | 19,1 | <b>156,0</b> | 18,0 | 17,9 | 17,1 | 86,5 | 20,2 | <b>159,7</b> | 18,0     | 21,3 | 17,6 | 91,3  | 20,9 | <b>169,1</b> | 18,0    | 24,2 | 18,4 | 96,0  | 21,3 | <b>177,9</b> |  |
| Precip. (mm)                    | 48,6     | 0,0  | 0,0  | 47,2 | 0,0  | <b>95,8</b>  | 48,6 | 0,0  | 0,0  | 47,2 | 0,0  | <b>95,8</b>  | 48,6     | 0,0  | 0,0  | 47,2  | 0,0  | <b>95,8</b>  | 48,6    | 0,0  | 0,0  | 47,2  | 0,0  | <b>95,8</b>  |  |
| Excesso (mm)                    | 52,4     | 0,0  | 0,0  | 29,4 | 0,0  | <b>81,8</b>  | 52,4 | 0,0  | 0,0  | 30,8 | 0,0  | <b>83,2</b>  | 52,4     | 0,0  | 0,0  | 33,0  | 0,0  | <b>85,4</b>  | 52,4    | 0,0  | 0,0  | 38,8  | 0,0  | <b>91,2</b>  |  |

| Freqüência de irrigação: 4 dias |          |      |      |      |      |              |      |      |      |      |      |              |          |      |      |      |      |              |         |      |      |       |      |              |  |
|---------------------------------|----------|------|------|------|------|--------------|------|------|------|------|------|--------------|----------|------|------|------|------|--------------|---------|------|------|-------|------|--------------|--|
| Tratamento                      | 0,75 ITN |      |      |      |      |              | ITN  |      |      |      |      |              | 1,25 ITN |      |      |      |      |              | 1,5 ITN |      |      |       |      |              |  |
|                                 | I        | II   | III  | IV   | V    | Total        | I    | II   | III  | IV   | V    | Total        | I        | II   | III  | IV   | V    | Total        | I       | II   | III  | IV    | V    | Total        |  |
| Duração (dias)                  | 21       | 14   | 10   | 45   | 8    | <b>98</b>    | 21   | 14   | 10   | 45   | 8    | <b>98</b>    | 21       | 14   | 10   | 45   | 8    | <b>98</b>    | 21      | 14   | 10   | 45    | 8    | <b>98</b>    |  |
| ETo (mm)                        | 33,4     | 27,2 | 17,5 | 96,9 | 26,7 | <b>201,7</b> | 33,4 | 27,2 | 17,5 | 96,9 | 26,7 | <b>201,7</b> | 33,4     | 27,2 | 17,5 | 96,9 | 26,7 | <b>201,7</b> | 33,4    | 27,2 | 17,5 | 96,9  | 26,7 | <b>201,7</b> |  |
| ETc (mm)                        | 14,6     | 17,3 | 16,4 | 96,5 | 20,8 | <b>165,6</b> | 14,6 | 17,5 | 16,7 | 98,4 | 21,8 | <b>169,0</b> | 14,6     | 17,6 | 16,8 | 99,5 | 22   | <b>170,5</b> | 14,6    | 17,6 | 16,9 | 99,6  | 22,0 | <b>170,7</b> |  |
| Irrigação (mm)                  | 18,0     | 9,0  | 19,4 | 73,9 | 32,8 | <b>153,1</b> | 18,0 | 11,0 | 20,2 | 79,0 | 35,8 | <b>164,0</b> | 18       | 13,9 | 20,9 | 87,2 | 37,5 | <b>177,5</b> | 18,0    | 16,6 | 23,2 | 100,8 | 29,9 | <b>188,5</b> |  |
| Precip. (mm)                    | 48,6     | 0,0  | 0,0  | 47,2 | 0,0  | <b>95,8</b>  | 48,6 | 0,0  | 0,0  | 47,2 | 0,0  | <b>95,8</b>  | 48,6     | 0,0  | 0,0  | 47,2 | 0,0  | <b>95,8</b>  | 48,6    | 0,0  | 0,0  | 47,2  | 0,0  | <b>95,8</b>  |  |
| Excesso (mm)                    | 52,4     | 0,0  | 0,0  | 22,2 | 4,6  | <b>79,2</b>  | 52,4 | 0,0  | 0,0  | 24,5 | 10,7 | <b>87,6</b>  | 52,4     | 1,97 | 1,88 | 28,7 | 14,4 | <b>99,4</b>  | 52,4    | 4,0  | 4,8  | 42,6  | 6,8  | <b>110,6</b> |  |

| Freqüência de irrigação: 6 dias |          |      |      |      |      |              |      |      |      |      |      |              |          |      |      |      |      |              |         |      |      |      |      |              |  |
|---------------------------------|----------|------|------|------|------|--------------|------|------|------|------|------|--------------|----------|------|------|------|------|--------------|---------|------|------|------|------|--------------|--|
| Tratamento                      | 0,75 ITN |      |      |      |      |              | ITN  |      |      |      |      |              | 1,25 ITN |      |      |      |      |              | 1,5 ITN |      |      |      |      |              |  |
|                                 | I        | II   | III  | IV   | V    | Total        | I    | II   | III  | IV   | V    | Total        | I        | II   | III  | IV   | V    | Total        | I       | II   | III  | IV   | V    | Total        |  |
| Duração (dias)                  | 21       | 14   | 10   | 45   | 8    | <b>98</b>    | 21   | 14   | 10   | 45   | 8    | <b>98</b>    | 21       | 14   | 10   | 45   | 8    | <b>98</b>    | 21      | 14   | 10   | 45   | 8    | <b>98</b>    |  |
| ETo (mm)                        | 33,4     | 27,2 | 17,5 | 96,9 | 26,7 | <b>201,7</b> | 33,4 | 27,2 | 17,5 | 96,9 | 26,7 | <b>201,7</b> | 33,4     | 27,2 | 17,5 | 96,9 | 26,7 | <b>201,7</b> | 33,4    | 27,2 | 17,5 | 96,9 | 26,7 | <b>201,7</b> |  |
| ETc (mm)                        | 14,6     | 17,4 | 16,3 | 94,7 | 20,5 | <b>163,5</b> | 14,6 | 17,5 | 16,4 | 96,7 | 20,7 | <b>165,9</b> | 14,6     | 17,6 | 16,6 | 97,8 | 21,3 | <b>167,9</b> | 14,6    | 17,6 | 16,6 | 97,8 | 21,3 | <b>167,9</b> |  |
| Irrigação (mm)                  | 18,0     | 17,4 | 14,6 | 58,1 | 32,5 | <b>140,6</b> | 18,0 | 20,1 | 17,6 | 59,7 | 32,5 | <b>147,9</b> | 18,0     | 23,7 | 20,5 | 68,5 | 33,5 | <b>164,2</b> | 18,0    | 27,1 | 24,6 | 81,1 | 37,2 | <b>188,0</b> |  |
| Precip. (mm)                    | 48,6     | 0,0  | 0,0  | 47,2 | 0,0  | <b>95,8</b>  | 48,6 | 0,0  | 0,0  | 47,2 | 0,0  | <b>95,8</b>  | 48,6     | 0,0  | 0,0  | 47,2 | 0,0  | <b>95,8</b>  | 48,6    | 0,0  | 0,0  | 47,2 | 0,0  | <b>95,8</b>  |  |
| Excesso (mm)                    | 52,4     | 0,0  | 0,0  | 18,2 | 0,0  | <b>70,6</b>  | 52,4 | 2,82 | 0,0  | 21,1 | 0,0  | <b>76,3</b>  | 52,4     | 6,4  | 1,79 | 28,9 | 2,19 | <b>91,9</b>  | 52,4    | 9,8  | 5,9  | 41,5 | 5,8  | <b>115,4</b> |  |

O valor do coeficiente de cultura (kc) para o estágio inicial da cultura foi 1,07, diferente do valor 0,55 recomendado pela literatura. De acordo com Allen et al. (1998), os valores de kc na fase inicial da cultura da batata devem ser ajustados em função da ETo médio do estágio inicial e frequência de irrigação utilizado ou eventos de chuva. A ETo média do estágio foi de 1,59 mm com eventos de irrigação a cada 4 dias e magnitude de lâminas abaixo de 10 mm. No entanto, a cultura da batata não foi prejudicada.

O segundo estágio (vegetativo) teve a duração de 14 dias e compreendeu da emergência das hastes até o aparecimento dos estolões. A evapotranspiração média deste estágio foi de 1,25 mm d<sup>-1</sup>, não ocorrendo elevadas variações em função dos tratamentos.

O terceiro estágio (estolonização e início de tuberização da batata), teve duração de 10 dias, e compreendeu entre o início da formação dos estolões até o crescimento inicial dos tubérculos. O consumo médio para todos os tratamentos foi de 1,67 mm d<sup>-1</sup>. Este estágio é considerado o mais crítico à deficiência de água no solo, sendo que, sua falta, principalmente no início da tuberização, reduz o número de tubérculos por planta (MAROUELLI e GUIMARÃES, 2006). Condições de alta umidade podem aumentar ainda mais o número de tubérculos por planta em cultivares com tendência à formação de muitos tubérculos, diminuindo o seu tamanho (MACKERRON e FEFFERIES, 1986; MAROUELLI et al., 1988).

O quarto estágio (crescimento de tubérculos), definido como início da tuberização até o início da senescência das plantas, prolongou-se por, aproximadamente, 45 dias. O menor consumo médio verificado foi de 2,10 mm d<sup>-1</sup> para os tratamentos com menor frequência de irrigação (6 dias) e menor lâmina (0,75 ITN), e 2,24 mm d<sup>-1</sup> para os tratamentos com maior lâmina (1,5 ITN) e maior frequência de irrigação (2 dias).

O quinto estágio (maturação), pertinente ao início da senescência das plantas até a colheita dos tubérculos estendeu-se por 29 dias. Neste estágio foi contabilizado somente 8 dias, período antes da dessecação. O menor consumo médio foi de 2,56 mm d<sup>-1</sup> para o tratamento com menor demanda (0,75 ITN) e baixa frequência de irrigação (6 dias), e 2,8 mm d<sup>-1</sup> para o tratamento de maior demanda (1,5 ITN) e alta frequência de irrigação (2 dias). O restante do

período, 21 dias, foi caracterizado pela dessecação da cultura, ausência de irrigação e precipitação no local até a colheita.

De modo geral, a evapotranspiração total média da cultura variou de 163,5 a 172,7 mm para os tratamentos correspondentes a (0,75 ITN) com baixa frequência de irrigação (6 dias) e (1,5 ITN) com alta frequência de irrigação (2 dias), respectivamente. Estes valores encontram-se abaixo dos citados na literatura. Marouelli e Guimarães (2006), consideram valores de evapotranspiração da cultura da batata em torno de 250 a 550 mm, sendo que em cultivares mais exigentes, de ciclo longo ou em regiões de alta demanda evapotranspirativa, este valor pode superar 600 mm. Garcia (2003) apresenta valores de evapotranspiração da cultura da batata na ordem de 218,29 mm, na região de Botucatu-SP. Pereira et al. (2007), utilizando lisímetros de lençol freático variável para determinar o consumo de água na cultura da batata na região de Botucatu-SP, em cultivo de inverno, registrou valores de 282,3 mm para todo o ciclo da batata. Encarnação (1987), trabalhando em lisímetros com nível freático constante, nas condições de Piracicaba-SP, obteve uma demanda de 271,3 mm; ao passo que Franke et al. (1994), através do método do balanço hídrico, nas condições de Santa Maria-RS, obteve um consumo de água total de 524,9 mm para a referida cultura.

Nas Figuras 7, 8, 9 e 10 podem ser visualizados o comportamento dos déficits de água no solo, ao longo do ciclo da cultura, nos diferentes tratamentos de lâminas e frequências de irrigação.

No tratamento 0,75 ITN, a umidade do solo manteve-se praticamente em déficit durante todo ciclo da cultura, acentuando-se nos tratamentos com menor frequência de irrigação. Na frequência de irrigação de 6 dias, o déficit de água no solo atingiu valores de 11,5 e 18,2 mm, correspondentes aos estádios III e IV, respectivamente. Valores estes superiores ao observado nas frequências de 4 e 2 dias, onde foram observados déficits de 8,5 e 13,55 mm; e 4,7 e 9,3 mm, respectivamente, nas fases III e IV, consideradas as mais sensíveis a falta de água no solo.

No tratamento 1,0 ITN, a umidade do solo permaneceu em ligeiro déficit durante todo ciclo da cultura. Os valores observados de déficit de água no solo nas frequências de 2, 4 e 6 dias foram: 3,2; 5,1 e 6,1, e 8,1, 8,2 e 11,5 mm, referentes aos estádios fenológicas III e IV, respectivamente.

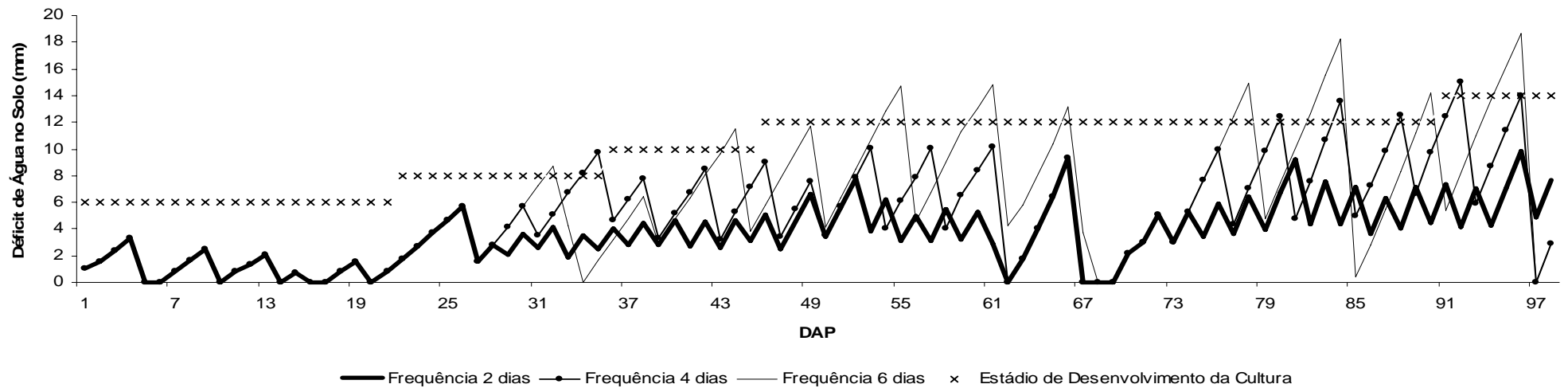


Figura 7 - Déficit de água no solo para o tratamento (0,75 ITN), com frequências de irrigação de 2, 4 e 6 dias.

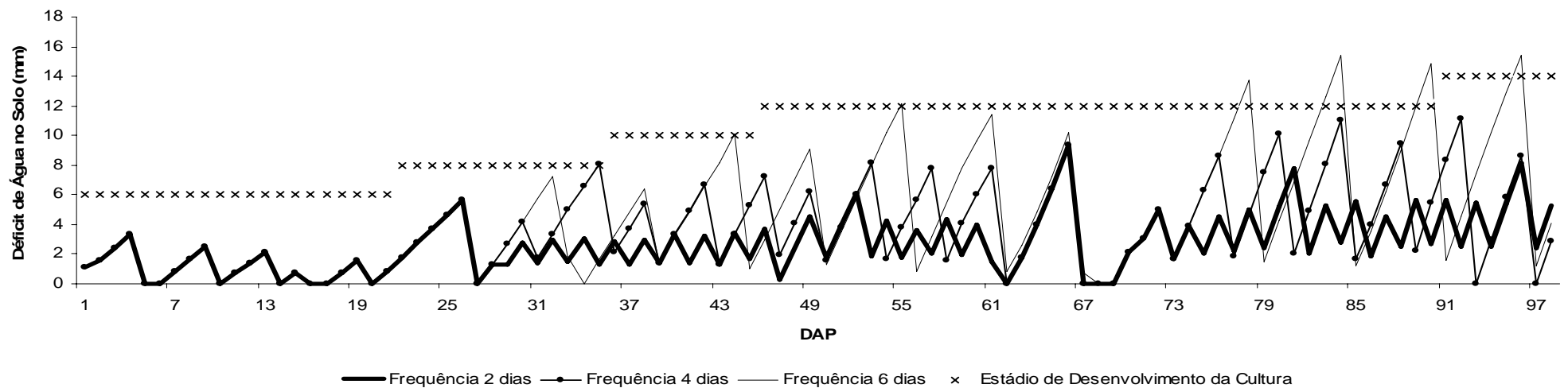


Figura 8 - Déficit de água no solo para o tratamento (1,0 ITN), com frequências de irrigação de 2, 4 e 6 dias.

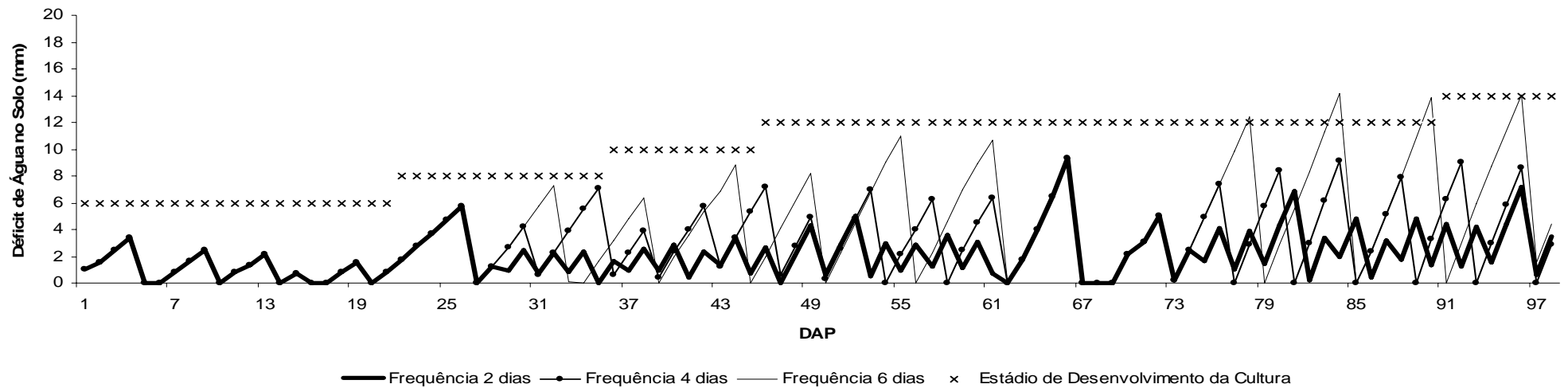


Figura 9 - Déficit de água no solo para o tratamento (1,25 ITN), com frequências de irrigação de 2, 4 e 6 dias.

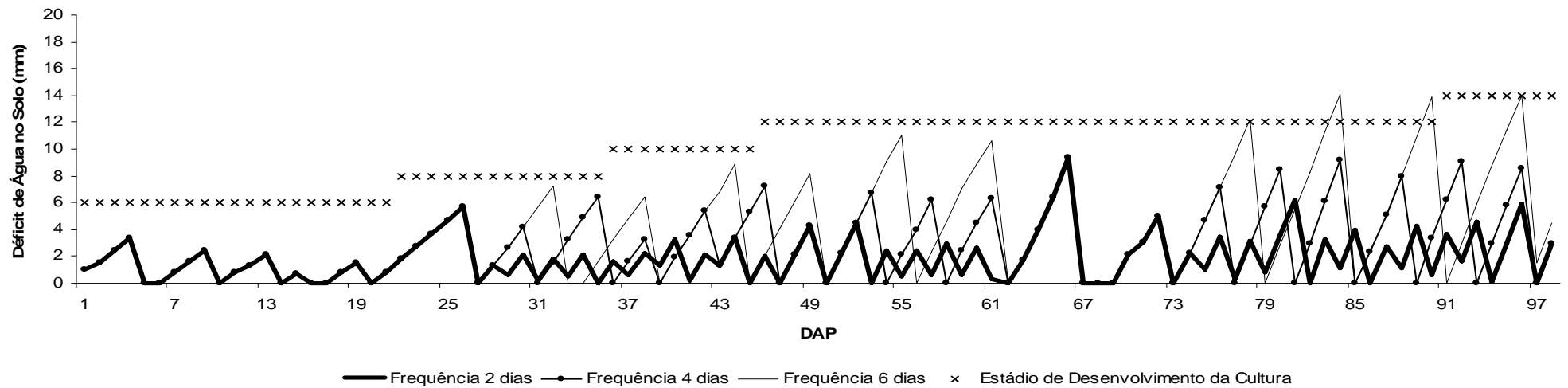


Figura 10 - Déficit de água no solo para o tratamento (1,5 ITN), com frequências de irrigação de 2, 4 e 6 dias.

Os tratamentos 1,25 e 1,5 ITN tiveram valores de déficit de água no solo, nas freqüências de 2, 4 e 6 dias, de 2,8; 4,3 e 5,0, e 7,2; 7,6 e 10,6 mm, referentes as fases fenológicas III e IV, respectivamente.

Nas Figuras 11 e 12, são apresentados os valores de produção ( $t\ ha^{-1}$ ) dos tratamentos para as diferentes lâminas e freqüências de irrigação. Observa-se, de um modo geral, que a produção total e de batatas graúdas foram constante para todos os tratamentos analisados, exceto no tratamento de 1,25 ITN e freqüência de 4 dias, onde houve uma menor produção. A média da produção total e de batatas graúdas foram de 61 e  $50,3\ t\ ha^{-1}$ , respectivamente, confirmando as expectativas desta cultivar, como de alto potencial produtivo.

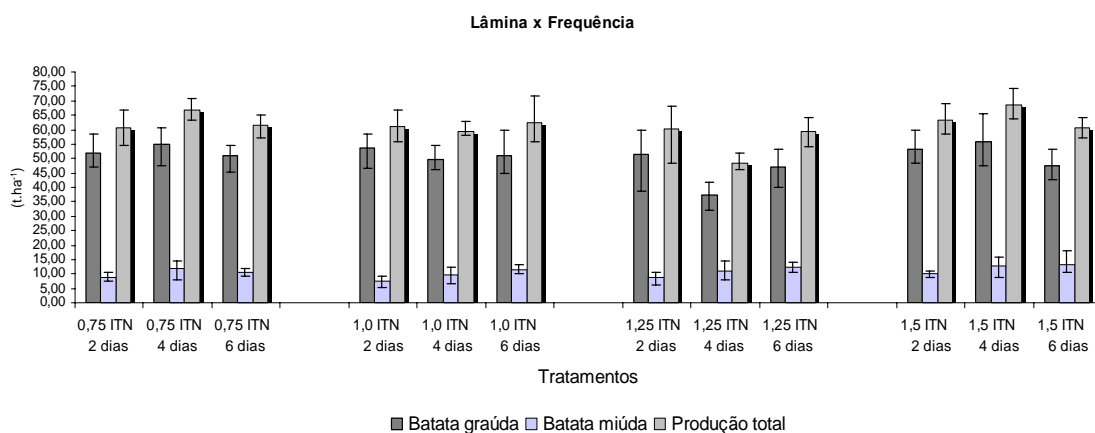


Figura 11 - Produção de batata graúda, miúda e total submetidas a diferentes lâminas e freqüências de irrigação. Fazenda São Geraldo - São Gonçalo do Sapucaí - MG, 2007.

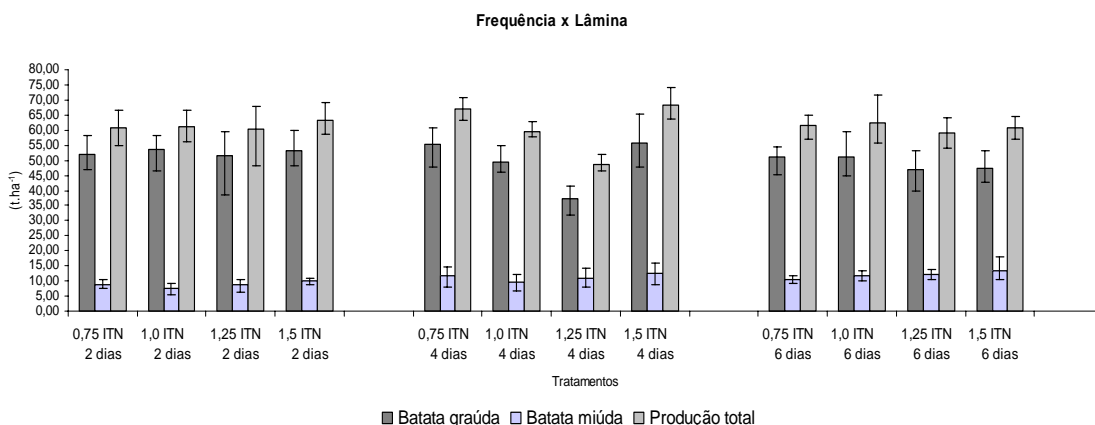


Figura 12 - Produção de batata graúda, miúda e total submetidas a diferentes freqüências e lâminas de irrigação. Fazenda São Geraldo - São Gonçalo do Sapucaí - MG, 2007.

Para batata miúda, foi observado um aumento da produção para a menor frequência de irrigação (6 dias), em relação as frequências maiores (4 e 2 dias), onde foram registrados menores índices de déficits de água no solo.

Nos quadros 6, 7 e 8, são apresentados os resultados de análise de variância para produção total, batata graúda e miúda em função da frequência, lâmina e lâmina vs frequência de irrigação.

Houve efeito positivo da interação lâmina vs frequência na produção total, com nível de probabilidade de 5% pelo teste F. Verifica-se que os coeficientes de variação da parcela e da sub-parcela foram de 6,7 e 8,3 %, respectivamente.

Quadro 6 - Resumo da análise de variância da produção total de batata em função da frequência de irrigação, lâmina de Irrigação e lâmina vs frequência.

| Fonte de Variação   | Quadrado Médio         |
|---------------------|------------------------|
| Frequência          | 1.280029 <sup>ns</sup> |
| Blocos              | 22.26046               |
| Resíduo (a)         | 16.82555               |
| Lâmina              | 155.1489**             |
| Frequência x Lâmina | 96.67958 **            |
| Resíduo (b)         | 25.75823               |
| CV parcela (%)      | 6,7                    |
| CV sub-parcela (%)  | 8,3                    |

<sup>ns</sup> e \*\*: Não significativo a 5 % de probabilidade e significativo a 1 % de probabilidade.

CV parcela: Coeficiente de Variação da Parcela.

CV sub-parcela: Coeficiente de Variação da Sub-Parcela.

Houve efeito positivo da interação lâmina vs frequência na produção de batata graúda, com nível de probabilidade de 5% pelo teste F. Observa-se que os coeficientes de variação da parcela e da sub-parcela foram de 9,8 e 11,2 %, respectivamente.

Quadro 7 - Resumo da análise de variância da produção de batata graúda em função da frequência de irrigação, lâmina de irrigação e lâmina vs frequência.

| Fonte de Variação   | Quadrado Médio         |
|---------------------|------------------------|
| Frequência          | 58.04571 <sup>ns</sup> |
| Blocos              | 64.70278               |
| Resíduo (a)         | 24.53812               |
| Lâmina              | 141.8903*              |
| Frequência x Lâmina | 85.61532*              |
| Resíduo (b)         | 31.97808               |
| CV parcela (%)      | 9,8                    |
| CV sub-parcela (%)  | 11.2                   |

\*e \*\*: Significativo a 5 % de probabilidade e significativo a 1 % de probabilidade.

CV parcela: Coeficiente de Variação da Parcela.

CV sub-parcela: Coeficiente de Variação da Sub-Parcela.

Não houve efeito positivo da interação lâmina vs frequência para a produção de batata miúda. Constata-se que os coeficientes de variação da parcela e da sub-parcela foram de 28,6 e 15,9 %, respectivamente.

Quadro 8 - Resumo da análise de variância da produção de batata miúda em função da frequência de irrigação, lâmina de irrigação e lâmina x frequência.

| Fonte de Variação   | Quadrado Médio         |
|---------------------|------------------------|
| Frequência          | 44.37510*              |
| Blocos              | 11.55498               |
| Resíduo (a)         | 9.395364               |
| Lâmina              | 12.19075*              |
| Frequência x Lâmina | 1.772288 <sup>ns</sup> |
| Resíduo (b)         | 2.920121               |
| CV parcela (%)      | 28,6                   |
| CV sub-parcela (%)  | 15.9                   |

<sup>ns</sup>e \*\* Não significativo a 5 % de probabilidade e significativo a 5 % de probabilidade.

CV parcela: Coeficiente de Variação da Parcela.

CV sub-parcela: Coeficiente de Variação da Sub-Parcela.

#### 4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente trabalho, considerando as condições climáticas da região e diferentes tratamentos, permitiram concluir que:

- A produtividade média total e graúda de batata variedade Ágata irrigada por gotejamento foi de 61 e 50,3 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente, não obtendo ajustes satisfatórios para modelos de regressão.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 328p. (Irrigation and Drainage Papers, 56).

ANTUNES, F. Z., FORTES, M. Exigências climáticas da cultura da batata. **Informe Agropecuário**, v.7, n.76, p.19-23, 1981.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa-MG: UFV, 2007. 625 p.

BEZERRA, F. M. L.; ANGELOCCI, L. R.; MINAMI, K. Deficiência hídrica em vários estádios de desenvolvimento da batata. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n.2, p.119-123, 1998.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeitos da água no rendimento das culturas**. Estudos FAO Irrigação e Drenagem 33. FAO, 1979. Versão em português - 2º Edição - Dep. de Eng. Agrícola, UFPB – 2000.

DENÍCULI, W., BERNARDO, S., THIÁBAUT, J. T. L., SEDIYAMA, G. C. Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo num sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Ceres**, Viçosa, v.27, n.50, p.155-162, 1980.

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

ENCARNAÇÃO, C.R.F. **Exigências hídricas e coeficientes culturais da batata (*Solanum tuberosum* L.)**.1987. 62 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP.

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

FILGUEIRA, F. A. R. **Solanáceas: Agrotecnologia moderna na produção de tomate, batata, pimentão, pimenta, berinjela e jiló**. Lavras - MG: Editora UFLA, 2003. 331 p.

FILGUEIRA, F. A. R. Práticas agrônômicas. In: REIFSCHNEIDER, F.J.B. (Ed.). **Produção de batata**. Brasília: Linha Gráfica, 1987, p. 29-39.

GARCIA, C. J.B. **Irrigação por gotejamento superficial e subsuperficial na cultura de batata (*Solanum tuberosum* L.) com dois sistemas de plantio**. 2003. 67 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" UNESP, Botucatu, SP.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Van Nostrand Reinold, 1990. 652 p.

KELLER, J., KARMELI D. **Trickle irrigation design**. Glendora: Rain Bird Sprinkler Manufacturing, 1975. 133 p.

MANTOVANI, E. C., SOUZA, J. A. R., SOUZA, D. O. Irrigação do tomateiro. In: SILVA, D. J. H., VALE, F. X. R. (Ed.). **Tomate - tecnologia de produção**. Viçosa: Suprema Gráfica e Editora, 2007. p. 117-157.

MACKERRON, D.K.L.; FEFFERIES, R.A. The influence of early soil moisture stress on tuber numbers in potato. **Potato Research**, Wageningen, v.29, n.3, p. 299-312, 1986.

MAROUELLI, W. A.; CARRIJO, O. A. Irrigação. In: REIFSCHNEIDER, F. J. B. (Ed.). **Produção de batata**. Brasília: Linha Gráfica, 1987. p. 57-66.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W.L.C.; OLIVEIRA, C.A.S.; SILVA, H.R. Resposta da cultura da batata a diferentes regimes de irrigação. **Revista Latinoamericana de la Papa**, Bogotá, v.1, n.1, p. 25-34, 1988.

MAROUELLI, W. A., GUIMARÃES, T. G. **Irrigação na cultura da batata**. Publicação técnica. ABBA - Associação Brasileira da Batata. Itapetininga, SP. 66p. 2006.

MELO, P. C. T.; GRANJA, N. P.; FILHO, H. S. M; SUGAWARA, A. C.; OLIVEIRA, R. F. Análise de crescimento da cultivar de batata Ágata. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, **Resumos.....** 2003.

NAZARENO, N. R. X.; FILHO, D. S. J. Doenças Fúgicas. In: PEREIRA, A. S.; DANIELS, J. **O cultivo da batata na região sul do Brasil**. Brasília - DF: Embrapa Informações Tecnológicas, 2003. 567 p.

PAVLISTA, A. D. Principles of irrigation scheduling. **Potato Eyes**, Scottsbluff, v.15, n.2, p.1-4, 2003.

PEREIRA, A.B.; PEDRAS, J.F.; VILA NOVA, N. A.; CURY, D. M. Consumo d'água e coeficiente de cultura da batata (*Solanum tuberosum* L. cv. Itararé) em plantio de inverno no município de Botucatu-SP. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 3, p. 59-62, 1995.

ZHIKOY, Z.; KALTCHEVA, S.; Irrigation of potatoes under condition of water deficit. **Acta Horticulture**, Leuven, v.1, n.449, p. 217-221, 1997.

## **CAPÍTULO II - PRODUTIVIDADE DA BATATA SOB DIFERENTES REGIMES DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO CONVENCIONAL NO SUL DE MINAS GERAIS**

### **1. INTRODUÇÃO**

A limitação de recursos naturais como a água, seus efeitos na produtividade e qualidade da batata (*Solanum tuberosum* L.) e o elevado consumo de energia gasto para o seu bombeamento em áreas irrigadas tem justificado os investimentos na adequação de parâmetros relacionados ao manejo da irrigação nesta cultura.

Na região sul do Estado de Minas Gerais, um dos principais pólos produtores deste tubérculo no país, tem sua atividade agrícola privilegiada e facilitada pelo clima, localização e utilização de sistemas de irrigação que suprem de forma total ou parcial as necessidades hídricas da cultura da batata nas diferentes épocas de plantio.

Marouelli e Guimarães (2006) citam que a cultura da batata depende de suprimento adequado de água durante todos os estádios de desenvolvimento da planta, existindo correlação direta entre quantidade de água no solo e produtividade. Bezerra (1998), estudando a deficiência hídrica (comparando 50 e 100% da lâmina média de irrigação) aplicada em vários estádios de desenvolvimento da batata, concluiu que houve uma redução de 48,7 % na produtividade da batateira quando o déficit foi aplicado no estádio de tuberização em relação à testemunha. A deficiência hídrica aplicada seqüencialmente nos estádios de tuberização e enchimento de tubérculos ocasionou redução em 65,4 % na produção e quando aplicada nos três estádios (estádio vegetativo, tuberização e enchimento de tubérculos), reduziu a produtividade em 70,5% em relação à testemunha (sem déficit).

Segundo Doorenbos e Kassan (2000), a batateira é relativamente sensível ao déficit hídrico durante os estádios de estolonização, início da formação e crescimento dos tubérculos.

De acordo com Fabeiro et al. (2001), a produção de tubérculos em batateiras irrigadas com sistemas de aspersores convencionais é altamente influenciada pelo volume total de água aplicada na irrigação. As plantas que

sofrem déficit durante a última etapa do seu ciclo reduzem sua produção; se o estresse ocorre na etapa de crescimento, acarreta a obtenção de maior número de tubérculos pequenos.

O excesso de água no solo também é prejudicial à cultura, além do consumo excessivo de energia, a boa aeração e drenagem do solo são exigências básicas para a bataticultura ser bem-sucedida, sendo mais adequado à utilização de glebas secas, irrigáveis, comparado a várzeas úmidas (FILGUEIRA, 2003).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito de quatro diferentes lâminas e duas freqüências de irrigação na produção total, graúda e miúda de batata, irrigada por aspersão convencional no sul de Minas Gerais.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido no período de maio a setembro de 2007, na Fazenda São Geraldo, em São Gonçalo do Sapucaí, Minas Gerais, 21<sup>o</sup> 53' 32" de latitude Sul, 45<sup>o</sup> 35' 43" de longitude Oeste e altitude de 868 m.

Foi empregada no plantio a variedade Ágata de origem holandesa, de porte baixo, boa arquitetura foliar, precoce de vegetação, e que determina rapidamente o número, a uniformidade e a alta produtividade de tubérculos produzidos (MELO et al., 2003).

Na área do experimento, foi adotado a rotação de culturas, com intervalos de 4 anos, sendo que, após o cultivo da batata, cultiva-se milho no primeiro ano e pastagem - *Brachiária bryzantha* - nos anos subseqüentes.

O preparo do solo para o plantio da batata constituiu de duas arações, sendo a primeira com antecedência de dois meses antes do plantio, seguida de uma gradagem. Nesta ocasião, realizou-se a calagem do solo (1,5 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico), conforme resultados apresentados na análise química do solo (Apêndice). As análises foram obtidas no Laboratório de Análise de Solos, Departamento de Solos (DPS) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa-MG.

A segunda aração foi realizada na época do plantio, seguida de uma gradagem e subsolagem, obtendo condições adequadas para ser sulcado.

Os sulcos de plantio foram abertos mecanicamente com 0,1 a 0,15 m de profundidade e espaçados de 0,75 m, nos quais foram plantadas as batatas previamente brotadas - terceira geração - com espaçamento de 0,3 m entre tubérculos pelo sistema manual.

Efetuiu-se a adubação em observância à análise química do solo e recomendações de necessidades da cultura. Foram utilizados 3.128 kg ha<sup>-1</sup> de fertilizante 04-12-08 no sulco de plantio e 900 kg ha<sup>-1</sup> de fertilizante 18-00-12 em cobertura na ocasião da amontoa da batata, vinte e cinco dias após o plantio (25 DAP).

Para a determinação das características físico-hídricas do solo, foi utilizada uma área de 4,0 m<sup>2</sup> ao lado do experimento. Foram realizadas amostragens de solo nas camadas de 0,0-0,2 e 0,2-0,4 m de profundidade. Em complementação, foi realizado, no mesmo local o método da bacia para determinação da capacidade de campo (CC), descrito por Bernardo et al. (2007), que consiste na saturação do local em estudo (4 m<sup>2</sup>), proteção do local contra perda de água por evaporação e escoamento, e retiradas de amostras de umidade do solo no perfil desejado, iniciando 24 horas após a saturação do mesmo. O teor de água representativo da (CC) foi identificado no momento de estabilização dos valores de umidade.

Os resultados estão apresentados no Quadro 1, realizado pelo Laboratório de Física do Solo - Departamento de Solos (DPS) da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Quadro 1 - Características físico-hídricas do solo. Fazenda São Geraldo, município de São Gonçalo do Sapucaí - MG, 2007.

| Característica                                   | Camada       |              |
|--|--------------|--------------|
|  | (0,0 - 0,2m) | (0,2 - 0,4m) |
| Areia Grossa (dag kg <sup>-1</sup> )             | 7            | 6            |
| Areia Fina (dag kg <sup>-1</sup> )               | 7            | 7            |
| Silte (dag kg <sup>-1</sup> )                    | 17           | 9            |
| Argila (dag kg <sup>-1</sup> )                   | 69           | 78           |
| Densidade do solo (g dm <sup>-3</sup> )          | 1,25         | 1,24         |
| Densidade de partículas (g dm <sup>-3</sup> )    | 2,41         | 2,50         |
| Capacidade de Campo (CC)* (dag g <sup>-1</sup> ) | 0,435        | 0,43         |
| Ponto de Murcha (PM)** (dag g <sup>-1</sup> )    | 0,256        | 0,234        |

\* Valores obtidos pelo Método da Bacia.

\*\* Valores para uma tensão de -1500 Kpa.

Foi efetuado o controle químico das plantas daninhas com a aplicação em pré-emergente do produto Metribuzin, na dose de 1,0 L ha<sup>-1</sup> e volume de calda de 400 L ha<sup>-1</sup>.

Para o controle das pragas e doenças foram realizadas aplicações de forma preventiva, segundo as variações climáticas e as observações no campo, utilizando produtos recomendados para a cultura da batata, descritos no Quadro 2.

Quadro 2 - Relação do tratamento fitossanitário empregado no cultivo da batateira. Fazenda São Geraldo, município de São Gonçalo do Sapucaí - MG, 2007.

| Princípio Ativo                | Dosagem                 | Aplicações | Praga / Doença            |
|--------------------------------|-------------------------|------------|---------------------------|
| Lambda-Cialotrina / Tiametoxam | 100 ml ha <sup>-1</sup> | 3          | Larva-Alfinete / Vaquinha |
| Metamidofós                    | 300 ml ha <sup>-1</sup> | 4          | Traça                     |
| Abamectim                      | 300 ml ha <sup>-1</sup> | 1          | Larva-Minadora            |
| Lambda-Cialotrina              | 300 ml ha <sup>-1</sup> | 2          | Larva-Minadora            |
| Tifluzamida                    | 3 L ha <sup>-1</sup>    | 1          | Rhizoctoniose             |
| Azoxistrobina                  | 80 g ha <sup>-1</sup>   | 4          | Pinta-Preta               |
| Clorotalonil                   | 1,5 kg ha <sup>-1</sup> | 1          | Pinta-Preta / Requeima    |
| Mancozebe                      | 3 kg ha <sup>-1</sup>   | 8          | Pinta-Preta / Requeima    |

Para a dessecação da cultura da batata, na fase final de desenvolvimento, foi utilizado o produto Paraquat, na dosagem de 2,0 L ha<sup>-1</sup>, 98 DAP.

O experimento foi conduzido com duas frequências de irrigação (F1 = 4 dias e F2 = 6 dias), quatro repetições e quatro lâminas, sendo esta em função da irrigação total necessária - ITN (L1 = 0,8 ITN, L2 = ITN, L3 = 1,1 ITN e L4 = 1,25 ITN). Foi realizada a análise de regressão, considerando os valores dos coeficientes de regressão (R<sup>2</sup>) e pelo teste t, com nível de probabilidade de até 10%. O esquema do experimento pode ser visualizado na Figura 1.

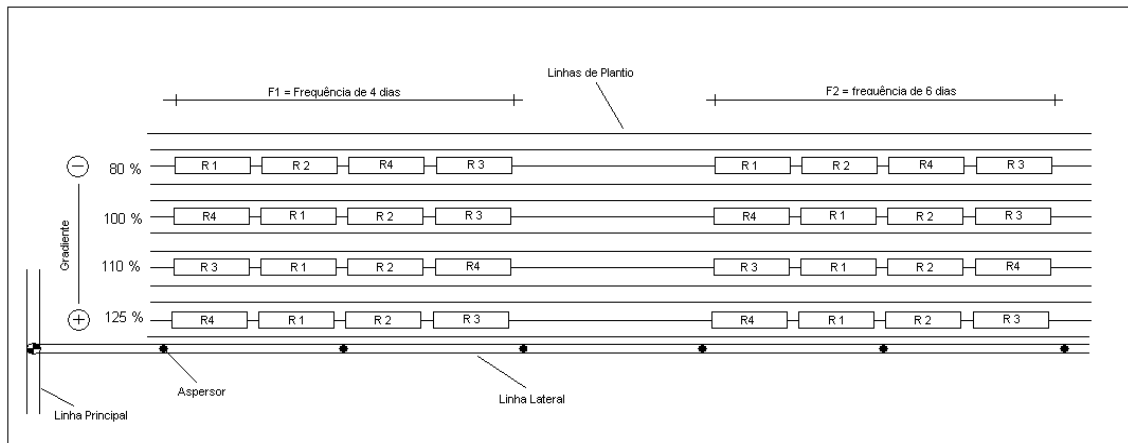


Figura 1 - Detalhes gerais do experimento de irrigação por aspersão convencional na cultura da batata na região de São Gonçalo do Sapucaí - MG, 2007.

Cada parcela experimental media 9 m de largura por 24 m de comprimento ( $216 \text{ m}^2$ ); que foram subdivididas em 16 subparcelas iguais com 2,25 m de largura por 6 m de comprimento ( $13,5 \text{ m}^2$ ). Em cada subparcela, foi adotada uma bordadura de 0,75 m, resultando em subparcelas de 0,75 m por 4,5 m, área útil de  $3,375 \text{ m}^2$ , dispostas em paralelo a linha lateral de irrigação. A área útil de cada parcela foi constituída de 1 fileira central, com um total de 15 plantas, como visualizado na Figura 2.



Figura 2 - Vista parcial do experimento de irrigação por aspersão convencional na cultura da batata na região de São Gonçalo do Sapucaí - MG, 2007.

Neste experimento, foi utilizado o sistema de irrigação por aspersão em linha (*Line Source Sprinkler System*), conforme metodologia descrita por Silva et al. (1981). Este sistema, desenvolvido para fins experimentais, consiste na aproximação entre os aspersores instalados em tubulação localizada no centro da área experimental, de modo a se obter grande sobreposição dos jatos de água. O arranjo dos aspersores em uma única linha propicia maior precipitação na linha de aspersores e um gradiente decrescente na direção perpendicular à tubulação, permitindo a obtenção de diferentes lâminas aplicadas. Na Figura 3 é descrita a curva de intensidade de aplicação do sistema de irrigação no perfil da área do experimento.

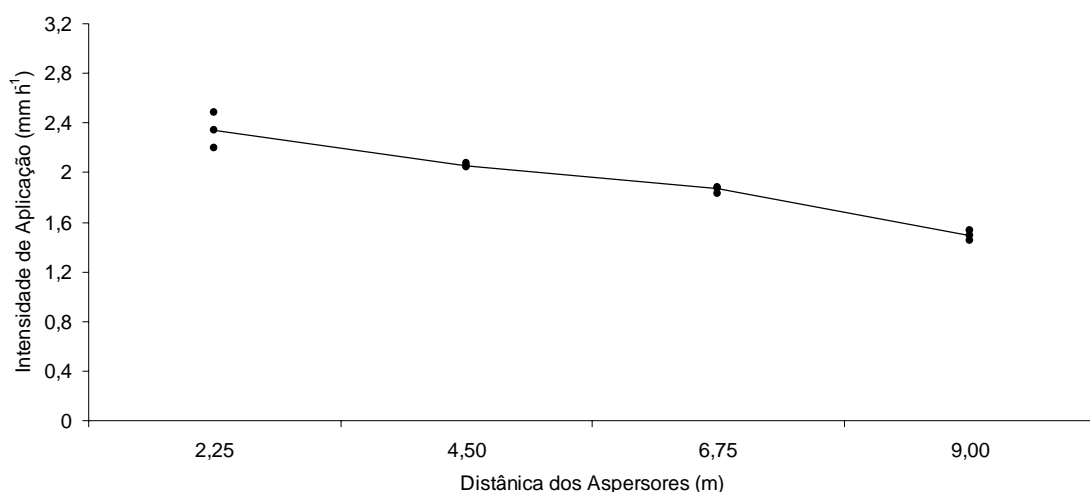


Figura 3 - Intensidade de aplicação do aspersor ( $\text{mm h}^{-1}$ ) no perfil da área do experimento.

O sistema de irrigação foi constituído por um conjunto motobomba instalado próximo à área experimental, uma adutora, uma tubulação principal de aço zincado com 100 mm de diâmetro e uma linha lateral com 50 mm de diâmetro em PVC rígido roscável. A linha lateral era composta de 11 aspersores, espaçados de 12 m, com controle de abertura independente em cada tudo de subida, possibilitando a variação da frequência de irrigação. Os aspersores foram operados com pressão de serviço de 28 mca (dotados de válvulas reguladoras de pressão em cada tudo de subida), vazão de  $0,2678 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ , avaliado anteriormente. O tempo de irrigação foi definido em função da lâmina  $L2 = 1,0 \text{ ITN}$ , sendo esta aplicada em horário em que a velocidade do

vento era nula ou quase nula, observada na estação meteorológica automática instalada próximo ao campo experimental.

Para a determinação do coeficiente de uniformidade de distribuição de água do sistema de irrigação, foi realizado um teste colocando coletores em uma malha de pontos em torno do aspersor, com espaçamento de 3 x 3 m. O tempo de duração do ensaio foi de 1 hora. O volume coletado em cada coletor foi convertido em lâmina de precipitação e foi representativo de cada subárea projetada pelo aspersor. Foi realizada a sobreposição das precipitações sobre a área entre quatro aspersores, considerando todos os aspersores periféricos que podem atingir a área.

Para o cálculo do coeficiente de uniformidade de água, utilizou a metodologia expressa pelo (CUC) (Coeficiente de Uniformidade de Christiansen), apresentado na equação 1.

$$CUC = 100 \left( 1 - \frac{\sum |q_1 - q_{med}|}{n \cdot q_{med}} \right) \quad (1)$$

em que,

$CUC$  = coeficiente de uniformidade de Christiansen (adimensional);

$q_1$  = vazão de cada gotejador ( $L h^{-1}$ );

$q_{med}$  = vazão média dos gotejadores ( $L h^{-1}$ ); e

$n$  = números de gotejadores avaliados.

O valor de CUC avaliado e calculado foi de 92%, considerado excelente para este sistema.

A Irrigação real necessária foi calculada levando-se em conta características de solo e planta, equação 2.

$$IRN = \left( \frac{CC - Ua}{10} \right) da z \quad (2)$$

em que,

$IRN$  = irrigação real necessária (mm);

$CC$  = capacidade de campo ( $\text{dag g}^{-1}$ );  
 $Ua$  = teor de água real do solo ( $\text{dag g}^{-1}$ );  
 $da$  = densidade do solo ( $\text{g cm}^{-3}$ ); e  
 $z$  = profundidade efetiva do sistema radicular (m).

O valor de  $z$  foi estimado visualizando-se o perfil do solo em uma trincheira aberta perpendicular à linha de plantas, em cada estágio de desenvolvimento da cultura.

Os valores de IRN foram corrigidos em função da eficiência do sistema de irrigação, definindo a irrigação total necessária (ITN), equação 3. O valor de ITN associado a evapotranspiração da cultura (ETc), estimada para as condições meteorológicas locais, representam a quantidade de água a ser repostada pelo sistema de irrigação.

$$ITN = \frac{IRN}{Ea} \quad (3)$$

em que,

$ITN$  = irrigação total necessária (mm); e  
 $Ea$  = eficiência de aplicação (%).

A eficiência de aplicação ( $Ea$ ) foi estimada englobando a desuniformidade com que a água foi distribuída pelo sistema sobre a superfície irrigada e as perdas de água por evaporação e por arrastamento pelo vento.

O controle da irrigação, foi feito utilizando-se o programa Irriplus<sup>®</sup>, que possibilita o cálculo do balanço hídrico por meio de dados meteorológicos e ajustes de campo, via determinação esporádica do teor de água do solo (MANTOVANI, 2007). A metodologia de cálculo da evapotranspiração adotada no programa Irriplus<sup>®</sup> é descrita na equação 4.

$$ETc = ET_o kc ks \quad (4)$$

em que,

$ET_c$  = evapotranspiração da cultura ( $\text{mm d}^{-1}$ );

$ET_o$  = evapotranspiração de referência ( $\text{mm d}^{-1}$ );

$k_c$  = Coeficiente da cultura; e

$k_s$  = Coeficiente de estresse de água em função do teor de água atual do solo.

No local, foi instalada uma estação meteorológica automática (Metos) para obtenção dos seguintes dados meteorológicos: temperatura (máxima, mínima e média), umidade relativa, velocidade de vento, radiação solar e precipitação.

A  $ET_o$  foi estimada diariamente com a equação de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998). O coeficiente da cultura ( $k_c$ ) utilizado no experimento foi estimado de acordo com os estádios de desenvolvimento da cultura, descritas na quadro 3.

Quadro 3: Coeficiente da cultura ( $k_c$ ) conforme o estágio de desenvolvimento da batateira.

| Estádio de Desenvolvimento                  | Descrição do Estádio   | Duração (dias) | Coeficiente da Cultura ( $k_c$ ) |
|---|--|----------------|----------------------------------|
| I - Inicial                                 | Plantio até emergência das hastes  | 7 - 10         | 0,45 – 0,55                      |
| II - Vegetativo                             | Emergência das hastes até o aparecimento dos estolões                    | 15 - 20        | 0,45 – 0,55                      |
| III - Estolonização e início de tuberização | Início da formação dos estolões até o crescimento inicial dos tubérculos | 15 – 20        | 0,75 – 0,85                      |
| IV - Crescimento de tubérculos              | Início da tuberização até o início da senescência das plantas            | 40 - 55        | 1,00 – 1,10                      |
| V - Maturação                               | Início da senescência das plantas até a colheita dos tubérculos          | 10 - 15        | 0,65 – 0,75                      |

Fonte: Adaptado de Allen et al., (1998) e Marouelli et al., (2006).

O coeficiente de estresse hídrico ( $k_s$ ) que possibilita o ajuste da evapotranspiração potencial para a evapotranspiração real da cultura em função do teor de água atual do solo ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura, foi estimado pelo modelo logarítmico, tal como descrito na equação 5.

$$k_s = \frac{\ln[(Ua - PM) + 1]}{\ln[(CC - PM) + 1]} \quad (5)$$

em que PM é o ponto de murcha permanente ( $\text{dag g}^{-1}$ ).

De posse destes dados, a recomendação das lâminas de irrigação foram efetuadas com a utilização do programa Irriplus<sup>®</sup>.

Os tubérculos, colhidos da área útil de cada parcela foram pesados e classificados de acordo com o tamanho do tubérculo, determinado pelo maior diâmetro transversal como: batata graúda  $\geq 45$  mm e batata miúda  $<45$  mm.

Na avaliação dos resultados, foram consideradas as produções total, a de batata graúda e de miúda. Foi realizada a análise de regressão, considerando os valores dos coeficientes de regressão ( $R^2$ ) e pelo teste t, com nível de probabilidade de até 10%.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Na Figura 4 são apresentadas as variações da temperatura máxima, média e mínima do ar, obtidos durante o ciclo da cultura. A temperatura média foi de  $16,2$  °C com mínimas de  $10,3$  °C e máximas de  $23,3$  °C, com pouca variação durante o ciclo da cultura. Segundo Antunes e Fortes (1981), de um modo geral, a temperatura média do ar ótima para a cultura da batata está entre  $10$  e  $20$  °C. Já Filgueira (2003) relata que, para a cultura da batata, é essencial uma alternância térmica apropriada durante um dia de 24 horas - a denominada "termoperiodicidade diária" - para obter-se o adequado desenvolvimento das plantas e dos tubérculos. Esta alternância foi observada no local durante o experimento, com baixas temperaturas noturnas e temperaturas amenas durante o dia, acarretando no bom desenvolvimento da cultura.

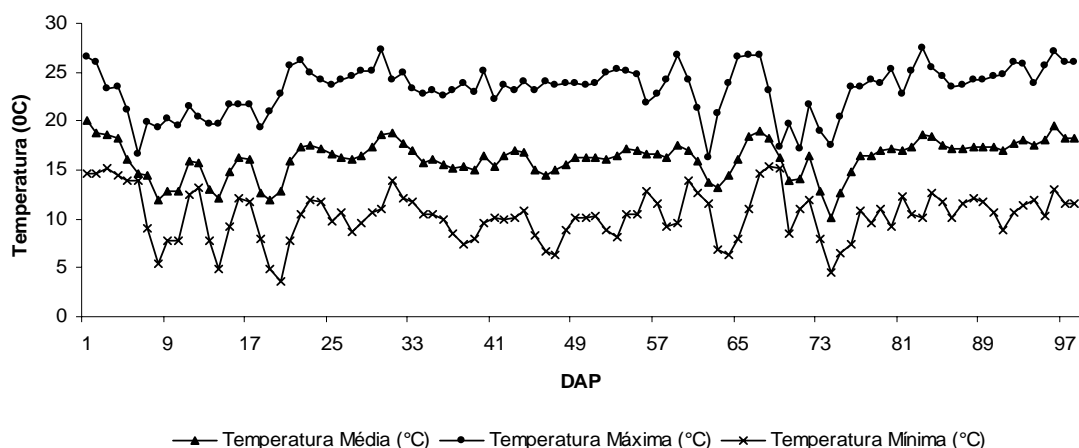


Figura 4 - Temperatura máxima, média e mínima ao longo do ciclo da cultura. Fazenda São Geraldo - São Gonçalo do Sapucaí - MG, 2007.

Na Figura 5 são apresentadas as variações da umidade relativa do ar e precipitação ao longo do ciclo da cultura.

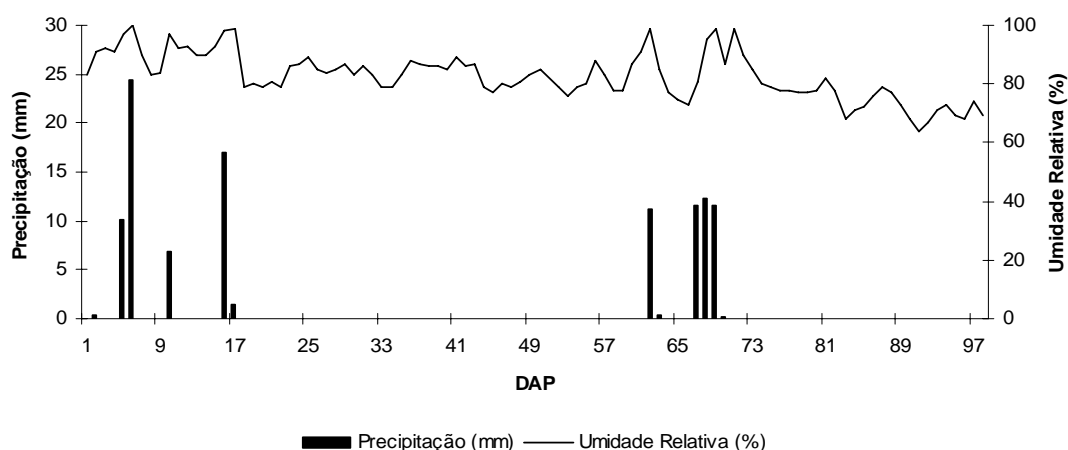


Figura 5 - Umidade relativa do ar e precipitação durante o ciclo da cultura. Fazenda São Geraldo - São Gonçalo do Sapucaí - MG, 2007.

O total da precipitação foi de 107,4 mm. Houve um período prolongado de chuvas durante o estágio inicial e do crescimento dos tubérculos. Durante estes estádios, o excesso de água no solo poderia ter provocado o apodrecimento da batata-semente plantada ou dos tubérculos formados, além de anomalias de origem fisiológicas nos tubérculos como: chocolate, o embonecamento e as rachaduras (FILGUEIRA, 2003). O excesso de água no estágio inicial é prejudicial, pois reduz a aeração do solo, favorecendo o desenvolvimento de vários patógenos de solo e a respiração dos tubérculos,

levando a batata-semente a um estresse metabólico (PAVLISTA, 2003) e a um comprometimento do estande (MAROUELLI e GUIMARÃES, 2006). De acordo com Nazareno et al., (2003), períodos prolongados de chuvas e ou orvalho e temperaturas abaixo de 20 °C iniciando após 30 DAP, a planta é mais predisposta à infecção pela *P. infestans*, com potencial para desenvolver a requeima. No entanto, o excesso de precipitação não afetou o estande, a qualidade dos tubérculos colhidos e não houve indícios de requeima na lavoura.

Na Figura 6 são apresentadas as variações da velocidade do vento e radiação durante o ciclo da cultura. Observa-se um aumento da velocidade do vento e radiação no final do ciclo da cultura, ocasionando aumento da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), Figura 7.

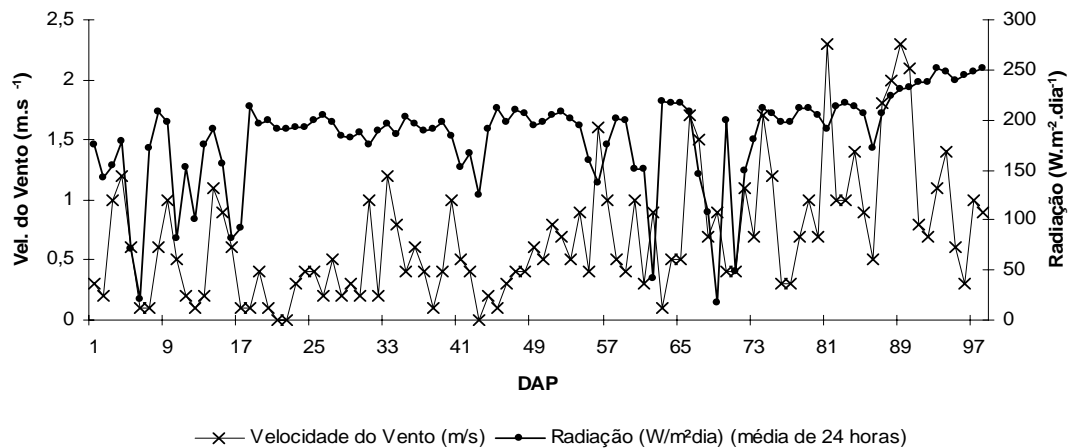


Figura 6 - Velocidade do vento e radiação durante o ciclo da cultura. Fazenda São Geraldo - São Gonçalo do Sapucaí - MG, 2007.

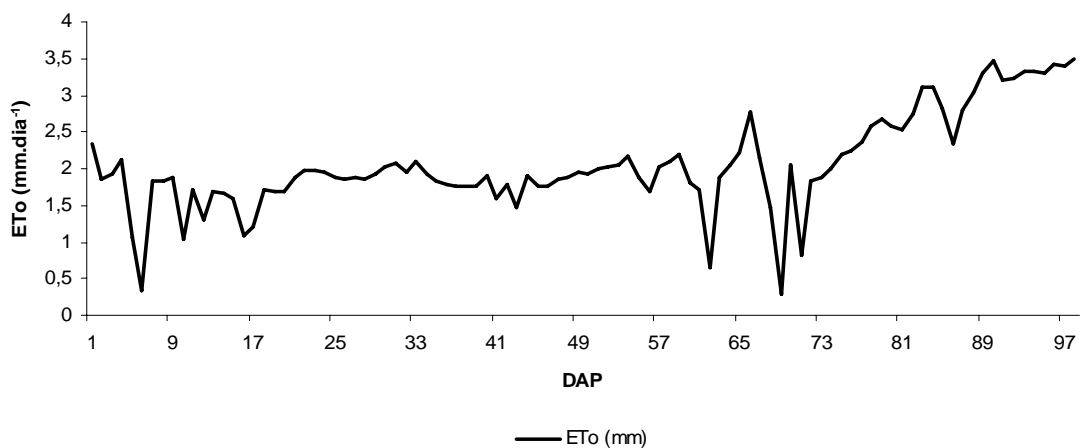


Figura 7 - Evapotranspiração de referência estimada durante o ciclo da cultura. Fazenda São Geraldo - São Gonçalo do Sapucaí - MG, 2007.

A ETo média durante o ciclo da cultura foi de 2,06 mm. Durante o ciclo da cultura, as médias foram: estágio inicial: 1,59 mm, estágio vegetativo: 1,94 mm, estágio de estolonização e início de tuberação: 1,75mm, estágio de crescimento de tubérculos: 2,15mm e estágio de maturação: 3,33 mm.

A duração dos estádios fenológicos e as necessidades hídricas da cultura da batata são variáveis, dependendo principalmente das condições climáticas do local e da duração do ciclo da batata (DOORENBOS e KASSAM, 2000; DUARTE, 1989). No presente trabalho, adotou-se cinco estádios no estudo fenológico da cultura, de acordo com Allen et al. (1998); Marouelli e Guimarães (2006).

A estágio inicial ocorreu em 21 dias e correspondeu ao período entre o plantio da batata-semente (18 de maio de 2007) até a condição de mais de 50 % das plantas emergidas. Este prolongamento do estágio difere dos valores citados na literatura, que estimam a duração entre 7 a 10 dias (MAROUELLI e GUIMARÃES, 2006). Durante este estágio, a ocorrência de baixas temperaturas e de precipitações não favoreceram o desenvolvimento e conseqüentemente a emergência das plantas. Nesta etapa, as plantas apresentavam tamanho reduzido e propiciaram pequena cobertura do solo, o que levou o baixo consumo de água, que foi estimado em 0,87 mm d<sup>-1</sup>, (Quadro 4).

Quadro 4 - Resumo do balanço hídrico por estágio da cultura e ciclo total, conduzido no experimento. Duas frequências de irrigação (4 e 6 dias) e quatro lâminas de irrigação correspondentes a (0,8; 1,0; 1,1 e 1,25) da ITN.

| Tratamento     | Frequência de irrigação: 4 dias |      |      |       |      |              | Frequência de irrigação: 6 dias |      |      |       |      |              |
|----------------|---------------------------------|------|------|-------|------|--------------|---------------------------------|------|------|-------|------|--------------|
|                | 0,8 ITN                         |      |      |       |      |              | 0,8 ITN                         |      |      |       |      |              |
|                | I                               | II   | III  | IV    | V    | Total        | I                               | II   | III  | IV    | V    | Total        |
| Estádio        | 21                              | 14   | 10   | 45    | 8    | <b>98</b>    | 21                              | 14   | 10   | 45    | 8    | <b>98</b>    |
| Duração (dias) | 21                              | 14   | 10   | 45    | 8    | <b>98</b>    | 21                              | 14   | 10   | 45    | 8    | <b>98</b>    |
| ETo (mm)       | 33,4                            | 27,2 | 17,5 | 96,9  | 26,7 | <b>201,7</b> | 33,4                            | 27,2 | 17,5 | 96,9  | 26,7 | <b>201,7</b> |
| ETc (mm)       | 18,2                            | 19,0 | 16,8 | 102,5 | 25,4 | <b>181,9</b> | 18,2                            | 19,0 | 16,7 | 101,9 | 25,2 | <b>181,0</b> |
| Irrigação (mm) | 10,0                            | 12,5 | 16,3 | 70,8  | 23,7 | <b>133,3</b> | 7,9                             | 17,5 | 7,9  | 67,3  | 28,9 | <b>129,5</b> |
| Precip. (mm)   | 60,2                            | 0,0  | 0,0  | 47,2  | 0,0  | <b>107,4</b> | 60,2                            | 0,0  | 0,0  | 47,2  | 0,0  | <b>107,4</b> |
| Excesso (mm)   | 53,1                            | 0,0  | 0,0  | 16,1  | 0,0  | <b>69,2</b>  | 53,1                            | 0,0  | 0,0  | 12,9  | 0,0  | <b>66,0</b>  |

| Tratamento     | ITN     |      |      |       |      |              | ITN       |      |      |       |      |              |
|----------------|---------|------|------|-------|------|--------------|-----------|------|------|-------|------|--------------|
|                | I       | II   | III  | IV    | V    | Total        | I         | II   | III  | IV    | V    | Total        |
|                | Estádio | 21   | 14   | 10    | 45   | 8            | <b>98</b> | 21   | 14   | 10    | 45   | 8            |
| Duração (dias) | 21      | 14   | 10   | 45    | 8    | <b>98</b>    | 21        | 14   | 10   | 45    | 8    | <b>98</b>    |
| ETo (mm)       | 33,4    | 27,2 | 17,5 | 96,9  | 26,7 | <b>201,7</b> | 33,4      | 27,2 | 17,5 | 96,9  | 26,7 | <b>201,7</b> |
| ETc (mm)       | 18,2    | 19,1 | 17,1 | 104,8 | 26,5 | <b>185,7</b> | 18,2      | 19,1 | 17,0 | 104,2 | 26,2 | <b>184,7</b> |
| Irrigação (mm) | 12,4    | 15,7 | 20,5 | 88,9  | 29,8 | <b>167,3</b> | 9,9       | 22,0 | 9,9  | 84,5  | 36,3 | <b>162,6</b> |
| Precip. (mm)   | 60,2    | 0,0  | 0,0  | 47,2  | 0,0  | <b>107,4</b> | 60,2      | 0,0  | 0,0  | 47,2  | 0,0  | <b>107,4</b> |
| Excesso (mm)   | 55,1    | 0,0  | 0,0  | 28,9  | 0,0  | <b>84,0</b>  | 55,5      | 0,4  | 0,0  | 24,4  | 0,0  | <b>80,3</b>  |

| Tratamento     | 1,1 ITN |      |      |       |      |              | 1,1 ITN   |      |      |       |      |              |
|----------------|---------|------|------|-------|------|--------------|-----------|------|------|-------|------|--------------|
|                | I       | II   | III  | IV    | V    | Total        | I         | II   | III  | IV    | V    | Total        |
|                | Estádio | 21   | 14   | 10    | 45   | 8            | <b>98</b> | 21   | 14   | 10    | 45   | 8            |
| Duração (dias) | 21      | 14   | 10   | 45    | 8    | <b>98</b>    | 21        | 14   | 10   | 45    | 8    | <b>98</b>    |
| ETo (mm)       | 33,4    | 27,2 | 17,5 | 96,9  | 26,7 | <b>201,7</b> | 33,4      | 27,2 | 17,5 | 96,9  | 26,7 | <b>201,7</b> |
| ETc (mm)       | 18,2    | 19,2 | 17,1 | 105,2 | 26,7 | <b>186,4</b> | 18,2      | 19,1 | 17,0 | 104,5 | 26,5 | <b>185,3</b> |
| Irrigação (mm) | 13,8    | 17,3 | 22,5 | 97,9  | 32,8 | <b>184,3</b> | 10,9      | 24,3 | 10,9 | 93,1  | 39,9 | <b>179,1</b> |
| Precip. (mm)   | 60,2    | 0,0  | 0,0  | 47,2  | 0,0  | <b>107,4</b> | 60,2      | 0,0  | 0,0  | 47,2  | 0,0  | <b>107,4</b> |
| Excesso (mm)   | 56,0    | 1,1  | 1,4  | 36,1  | 3,9  | <b>98,4</b>  | 56,0      | 1,7  | 0,7  | 32,1  | 4,1  | <b>94,6</b>  |

| Tratamento     | 1,25 ITN |      |      |       |      |              | 1,25 ITN  |      |      |       |      |              |
|----------------|----------|------|------|-------|------|--------------|-----------|------|------|-------|------|--------------|
|                | I        | II   | III  | IV    | V    | Total        | I         | II   | III  | IV    | V    | Total        |
|                | Estádio  | 21   | 14   | 10    | 45   | 8            | <b>98</b> | 21   | 14   | 10    | 45   | 8            |
| Duração (dias) | 21       | 14   | 10   | 45    | 8    | <b>98</b>    | 21        | 14   | 10   | 45    | 8    | <b>98</b>    |
| ETo (mm)       | 33,4     | 27,2 | 17,5 | 96,9  | 26,7 | <b>201,7</b> | 33,4      | 27,2 | 17,5 | 96,9  | 26,7 | <b>201,7</b> |
| ETc (mm)       | 18,2     | 19,2 | 17,1 | 105,2 | 26,7 | <b>186,4</b> | 18,2      | 19,1 | 17,0 | 104,6 | 26,5 | <b>185,4</b> |
| Irrigação (mm) | 15,7     | 19,6 | 25,6 | 111,2 | 37,2 | <b>209,3</b> | 12,4      | 27,5 | 12,4 | 105,7 | 45,4 | <b>203,4</b> |
| Precip. (mm)   | 60,2     | 0,0  | 0,0  | 47,2  | 0,0  | <b>107,4</b> | 60,2      | 0,0  | 0,0  | 47,2  | 0,0  | <b>107,4</b> |
| Excesso (mm)   | 57,9     | 3,3  | 4,4  | 49,1  | 8,3  | <b>123,0</b> | 57,5      | 4,9  | 2,1  | 44,4  | 9,4  | <b>118,3</b> |

O segundo estágio (vegetativo), durou 14 dias e compreendeu da emergência das hastes até o aparecimento dos estolões. A evapotranspiração média da cultura, neste estágio, foi estimada em 1,36 mm d<sup>-1</sup>, não ocorrendo elevadas variações em função dos tratamentos.

O terceiro estágio (estolonização e início de tuberização da batata), teve duração de 10 dias, e compreendeu entre o início da formação dos estolões até o crescimento inicial dos tubérculos. O consumo médio de água estimado para a cultura para todos os tratamentos foi de  $1,69 \text{ mm dia}^{-1}$ . Este estágio é considerado o mais crítico à deficiência de água no solo, sendo que, sua falta principalmente no início da tuberização, reduz o número de tubérculos por planta (MAROUELLI e GUIMARÃES, 2006). Condições de alta umidade podem aumentar ainda mais o número de tubérculos por planta em cultivares com tendência à formação de muitos tubérculos, diminuindo o seu tamanho (MACKERRON e FEFFERIES, 1986; MAROUELLI et al., 1988).

O quarto estágio (crescimento de tubérculos), definido como início da tuberização até o início da senescência das plantas, prolongou-se por aproximadamente 45 dias. O consumo de água estimado para a cultura foi de  $2,26 \text{ mm d}^{-1}$  para os tratamentos com menor frequência de irrigação (6 dias) e menor lâmina (0,8 ITN) e  $2,34 \text{ mm d}^{-1}$  para os tratamentos com maior lâmina (1,25 ITN) e maior frequência de irrigação (4 dias).

O quinto estágio (maturação), pertinente ao início da senescência das plantas até a colheita dos tubérculos estendeu-se por 29 dias. Neste estágio foi contabilizado somente 8 dias, período antes da dessecação da cultura. O menor consumo médio foi de  $3,15 \text{ mm d}^{-1}$  para o tratamento com menor demanda (0,8 ITN) e baixa frequência de irrigação (6 dias); e  $3,34 \text{ mm d}^{-1}$  para o tratamento de maior demanda hídrica (1,25 ITN) e alta frequência de irrigação (4 dias). O restante do período, 21 dias, foi caracterizado pela dessecação da cultura, ausência de irrigação e precipitação no local até a colheita.

De modo geral, a evapotranspiração total média da cultura variou de 181 a 186,4 mm para os tratamentos correspondentes a menor demanda (0,8 ITN) com baixa frequência de irrigação (6 dias) e maior demanda hídrica (1,25 ITN) com alta frequência de irrigação (4 dias), respectivamente. Estes valores encontram-se abaixo dos citados na literatura. Marouelli e Guimarães (2006), consideram valores de evapotranspiração da cultura da batata em torno de 250 a 550 mm, sendo que em cultivares mais exigentes, de ciclo longo ou em regiões de alta demanda evapotranspirativa, este valor pode superar 600 mm. Garcia (2003) apresenta valores de evapotranspiração da cultura da batata na

ordem de 218,29 mm, na região de Botucatu-SP. Pereira et al. (2007), utilizando lisímetros de lençol freático variável para determinar o consumo de água na cultura da batata na região de Botucatu-SP, em cultivo de inverno, registrou valores de 282,3 mm para todo o ciclo da batata. Encarnação (1987), trabalhando em lisímetros com nível freático constante, nas condições de Piracicaba-SP, obteve uma demanda de 271,3 mm; ao passo que Franke et al. (1994), através do método do balanço hídrico, nas condições de Santa Maria-RS, obteve um consumo hídrico total de 524,9 mm para a referida cultura.

A colheita da batata foi realizada em toda a área útil do experimento no dia 13 de setembro de 2007, 119 dias após o plantio.

Nas Figuras 8, 9, 10 e 11 podem ser visualizados o comportamento dos déficits de água no solo, ao longo do ciclo da cultura, para os diferentes tratamentos de lâminas e freqüências de irrigação.

No tratamento 0,8 ITN, a umidade do solo manteve-se praticamente com déficit durante todo período da cultura, acentuando-se nos tratamentos com menor freqüência de irrigação. Na freqüência de irrigação de 6 dias, o déficit de água no solo atingiu máximos valores de 14,3 e 19,7 mm, correspondentes aos estádios III e IV, respectivamente. Valores estes superiores ao observado na freqüência de 4 dias, que foram 12,4 e 17,5 mm, correspondentes aos estádios de desenvolvimento III e IV.

No tratamento 1,0 ITN, a umidade do solo permaneceu em ligeiro déficit durante todo ciclo da cultura. Os valores médios observados de déficit de água no solo nas freqüências de 4 e 6 dias foram: 6,1 e 8,9 mm; 9,6 e 15,76 mm, referentes aos estádios fenológicas III e IV, respectivamente.

Os tratamentos 1,1 e 1,25 ITN, tiveram comportamento semelhante em relação ao déficit de água no solo, ocorrendo diferenças somente na lâmina de irrigação. Os valores médios observados de déficit de água no solo nas freqüências de 4 e 6 dias foram: 5,1 e 7,8 mm; 8,6 e 14,7 mm, referentes aos estádios fenológicas III e IV, respectivamente.

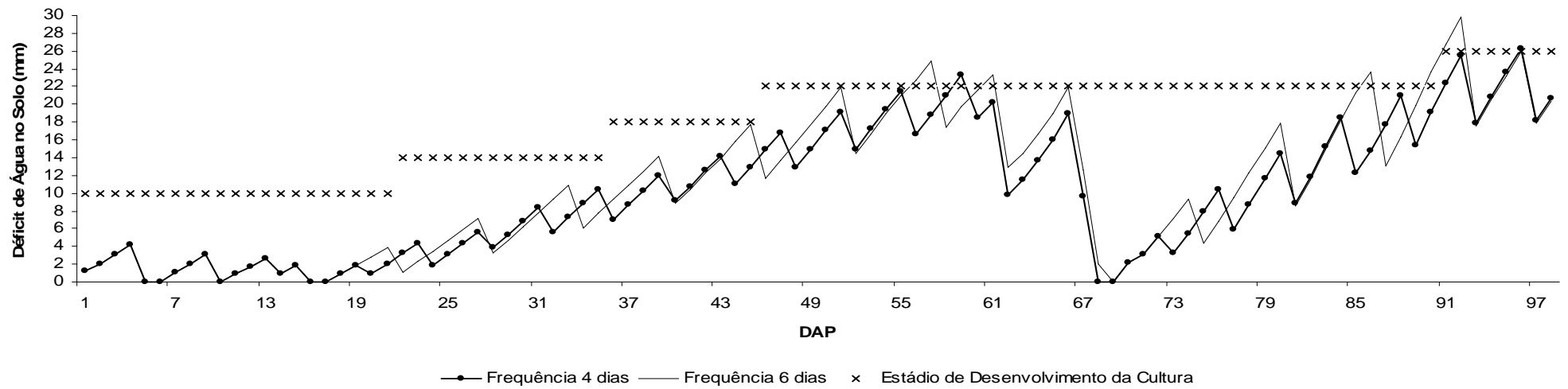


Figura 8 - Déficit de água no solo para os tratamentos (0,8 ITN), com freqüências de irrigação de 4 e 6 dias.

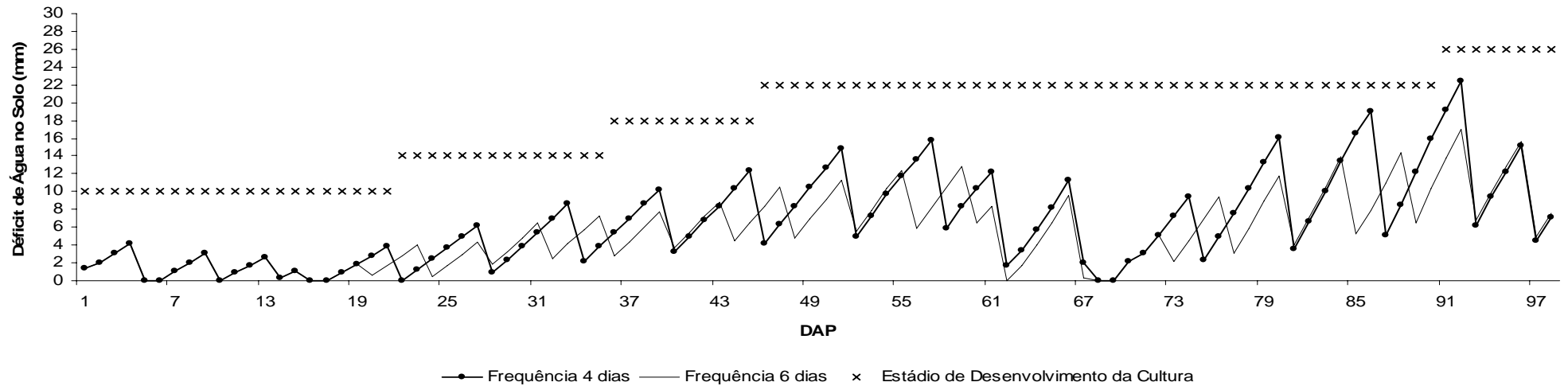


Figura 9 - Déficit de água no solo para os tratamentos (1,0 ITN), com freqüências de irrigação de 4 e 6 dias.

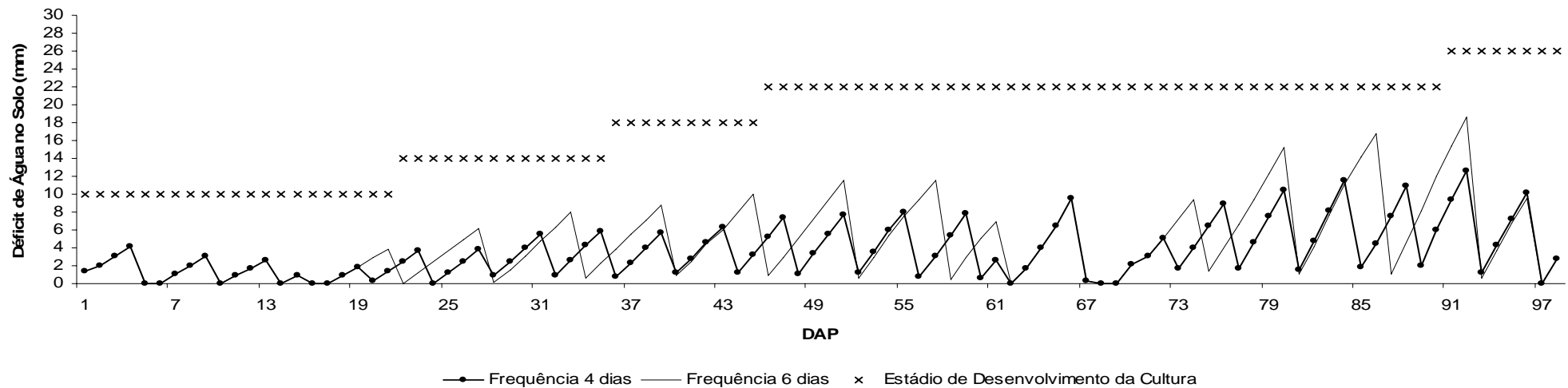


Figura 10 - Déficit de água no solo para os tratamentos (1,1 ITN), com freqüências de irrigação de 4 e 6 dias.

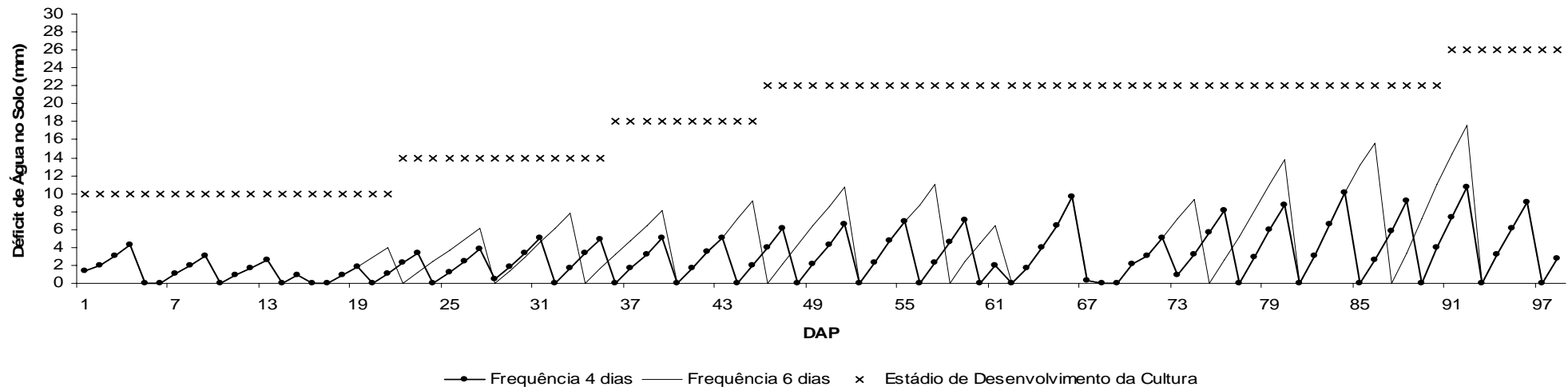


Figura 11 - Déficit de água no solo para os tratamentos (1,25 ITN), com freqüências de irrigação de 4 e 6 dias.

Nas Figuras 12 e 13, são apresentados os valores de produção ( $t\ ha^{-1}$ ) dos tratamentos com diferentes lâminas e freqüências de irrigação. Observa-se de um modo geral que a produção total e de batata graúda foram superiores nas freqüências de irrigação de 4 dias em relação a 6 dias. A produção de batata miúda obteve valores menores nas freqüências de irrigação de 4 dias em relação a 6 dias nos tratamentos (0,8; 1,0 e 1,1 ITN).

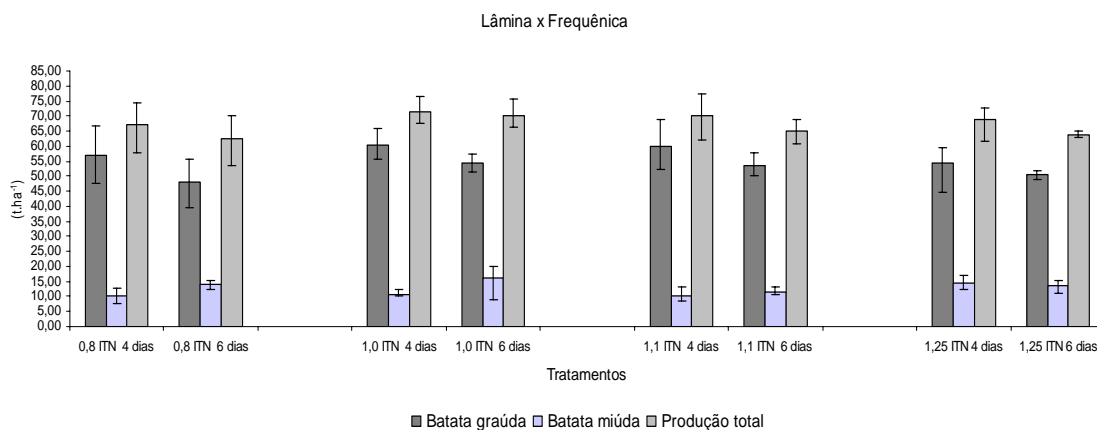


Figura 12 - Produção de batata graúda, de miúda e total submetidas a diferentes tratamentos de lâminas e freqüências de irrigação.

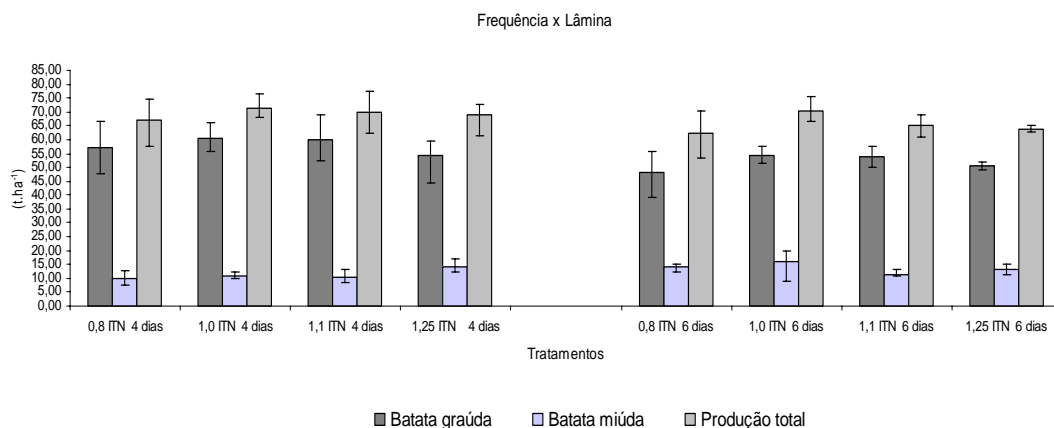


Figura 13 - Produção de batata graúda, de miúda e total submetidas a diferentes tratamentos de freqüências e lâminas de irrigação.

Nos Quadros 5 e 6 são apresentadas as equações de regressão para as variáveis produção total, de batata graúda e de miúda em função da ITN, com as freqüências de irrigação de 4 e 6 dias.

Quadro 6 - Estudo de regressão dos objetos em estudo (produção total, batata graúda e miúda) submetidos à freqüência de irrigação de 4 dias.

| Objeto de Estudo       | Função                                      | r <sup>2</sup> |
|------------------------|---|----------------|
| Produção batata graúda | $Y = -31,0486 + 1,84454*X - 0,00926914*X^2$ | 0,99           |
| Produção batata miúda  | $Y = 2,8416 + 0,0820609**X$                 | 0,61           |
| Produção total         | $Y = 9,1811 + 1,17229**X - 0,00556734**X^2$ | 0,92           |

Sendo: Dependente (Y) = Produção (t ha<sup>-1</sup>); Independente (X) = % da ITN.

\* e \*\*: Singificafivo a 5 e 10 % de probabilidade, pelo teste t.

Verifica-se para produção de batata graúda e total, irrigados com freqüência de 4 dias, que houve efeito quadrático de lâmina, sendo os valores de r<sup>2</sup> de 0,99 e 0,92, respectivamente. No entanto, houve efeito linear positivo da lâmina de irrigação sobre a produção de batata miúda, tendo (r<sup>2</sup> = 0,61). Calculando a derivada primeira para a equação de produção de batata graúda e total, obtém pontos de máxima equivalentes a 0,99 e 1,04 ITN, respectivamente.

Quadro 7 - Estudo de regressão dos objetos em estudo (produção total, batata graúda e miúda ) submetidos à freqüência de irrigação de 6 dias.

| Objeto de Estudo       | Função                                | r <sup>2</sup> |
|------------------------|---------------------------------------|----------------|
| Produção batata graúda | $Y = -46,876 + 1,9272*X - 0,0092*X^2$ | 0,99           |
| Produção batata miúda  | Y = 13,7 (média)                      | -              |
| Produção total         | Y = 65,4 (média)                      | -              |

Sendo: Dependente (Y) = Produção (t.ha<sup>-1</sup>); Independente (X) = %da ITN.

\* e \*\* : Singificafivo a 5 e 10 % de probabilidade, pelo teste t.

Verifica-se para produção de batata graúda, irrigados com freqüência de 6 dias, que houve efeito quadrático de lâmina, sendo o valor de r<sup>2</sup> igual a 0,99. No entanto, não houve ajuste sobre a produção de batata miúda e produção total. Calculando a derivada primeira para a equação da produção de batata graúda, obteve-se ponto de máxima produção equivalente a 1,06 ITN.

Nas figuras 14, 15 e 16, pode-se verificar o comportamento da produção total, de batata graúda e de miúda em função de diferentes porcentagens da ITN e freqüências de irrigação.

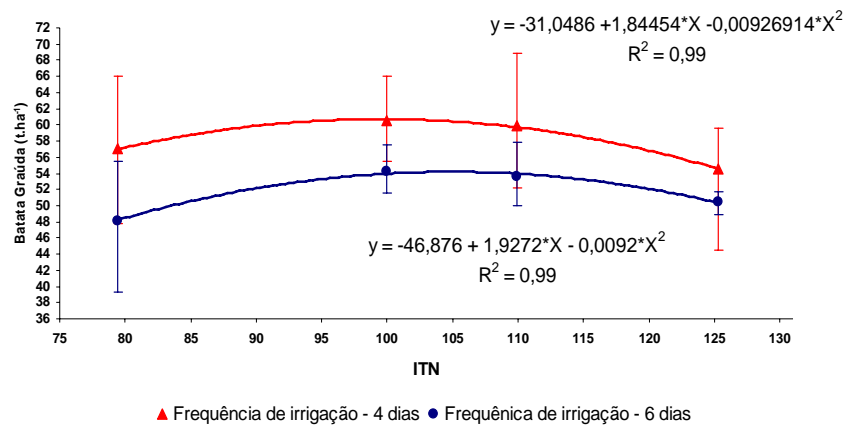


Figura 14 - Produção de batata graúda submetida a diferentes porcentagens da ITN e frequências de irrigação de 4 e 6 dias.

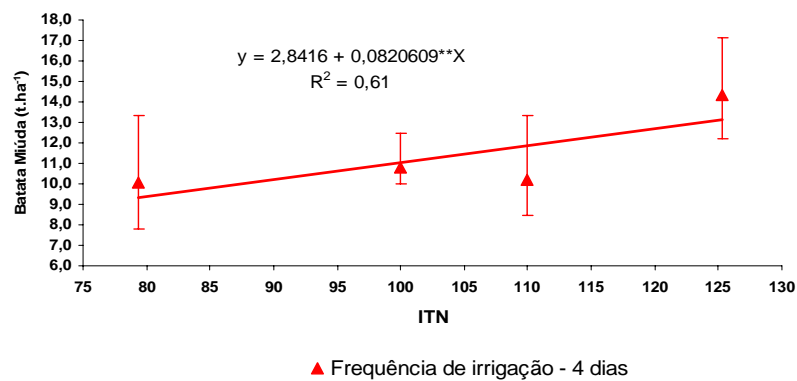


Figura 15 - Produção de batata miúda submetida a diferentes porcentagens da ITN e frequência de irrigação de 4 dias.

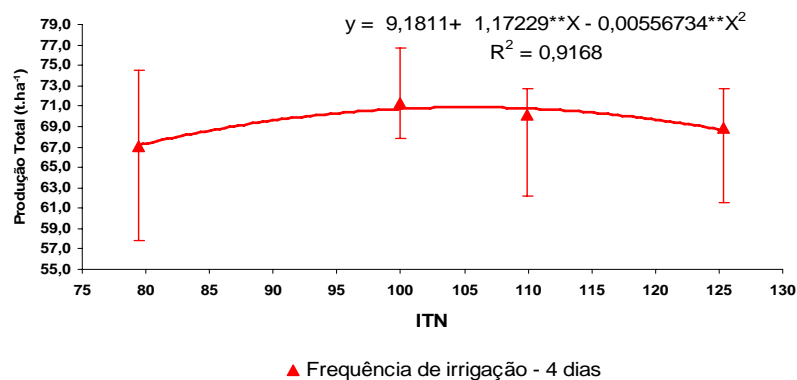


Figura 16 - Produção total de batata submetida a diferentes porcentagens da ITN e frequência de irrigação de 4 dias.

#### 4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente trabalho, considerando as condições climáticas da região e diferentes tratamentos, permitiram concluir que:

- Para a produção de batata graúda, irrigado por aspersão convencional com freqüências de 4 e 6 dias, obteve-se pontos de máxima produção correspondentes às lâminas de 0,99 e 1,05 ITN.
- Para a produção total de batata, irrigada por aspersão convencional, com freqüência de 6 dias, obteve-se ponto de máxima produção correspondente à lâmina de 1,06 ITN.
- As maiores produtividades de batata irrigada por aspersão convencional foram alcançadas na freqüência de irrigação de 4 dias.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 328p. (Irrigation and Drainage Papers, 56).

ANTUNES, F. Z., FORTES, M. Exigências climáticas da cultura da batata. **Informe Agropecuário**, v.7, n.76, p.19-23, 1981.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa-MG: UFV, 2007. 625 p.

BEZERRA, F. M. L.; ANGELOCCI, L. R.; MINAMI, K. Deficiência hídrica em vários estádios de desenvolvimento da batata. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n.2, p.119-123, 1998.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeitos da água no rendimento das culturas**. Estudos FAO Irrigação e Drenagem 33. FAO, 1979. Versão em português - 2º Edição - Dep. de Eng. Agrícola, UFPB – 2000.

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

ENCARNAÇÃO, C.R.F. **Exigências hídricas e coeficientes culturais da batata (*Solanum tuberosum* L.)**.1987. 62 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP.

FABEIRO, C.; OLLALLA, F. M. D.; DE JUAN, J. A. **Yield and size of deficit in irrigated potatoes**. *Agricultural Water Management*, Amsterdam, v.48, n.3, p.255-266, 2001.

FILGUEIRA, F. A. R. **Solanáceas**: Agrotecnologia moderna na produção de tomate, batata, pimentão, pimenta, berinjela e jiló. Lavras - MG: Editora UFLA, 2003. 331 p.

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

GARCIA, C. J.B. **Irrigação por gotejamento superficial e subsuperficial na cultura de batata (*Solanum tuberosum* L.) com dois sistemas de plantio**. 2003. 67 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" UNESP, Botucatu, SP.

MACKERRON, D.K.L.; FEFFERIES, R.A. The influence of early soil moisture stress on tuber numbers in potato. **Potato Research**, Wageningen, v.29, n.3, p. 299-312, 1986.

MANTOVANI, E. C., SOUZA, J. A. R., SOUZA, D. O. Irrigação do tomateiro. In: SILVA, D. J. H., VALE, F. X. R. (Ed.). **Tomate - tecnologia de produção**. Viçosa: Suprema Gráfica e Editora, 2007. p. 117-157.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W.L.C.; OLIVEIRA, C.A.S.; SILVA, H.R. Resposta da cultura da batata a diferentes regimes de irrigação. **Revista Latinoamericana de la Papa**, Bogotá, v.1, n.1, p. 25-34, 1988.

MARQUELLI, W. A., GUIMARÃES, T. G. **Irrigação na cultura da batata**. Publicação técnica. ABBA - Associação Brasileira da Batata. Itapetininga, SP. 66p. 2006.

MELO, P. C. T.; GRANJA, N. P.; FILHO, H. S. M; SUGAWARA, A. C.; OLIVEIRA, R. F. Análise de crescimento da cultivar de batata Ágata. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, **Resumos.....** 2003.

NAZARENO, N. R. X.; FILHO, D. S. J. Doenças Fúngicas. In: PEREIRA, A. S.; DANIELS, J. **O cultivo da batata na região sul do Brasil**. Brasília - DF: Embrapa Informações Tecnológicas, 2003. 567 p.

PAVLISTA, A. D. Principles of irrigation scheduling. **Potato Eyes**, Scottsbluff, v.15, n.2, p.1-4, 2003.

PEREIRA, A.B.; PEDRAS, J.F.; VILA NOVA, N. A.; CURY, D. M. Consumo d'água e coeficiente de cultura da batata (*Solanum tuberosum* L. cv. Itararé) em plantio de inverno no município de Botucatu-SP. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 3, p. 59-62, 1995.

SILVA, M. da S. et al. **Metodologia para determinar as necessidades de água das culturas irrigadas**. In: Pesquisa em irrigação no trópico semi-árido: solo, água, planta. Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 1981. p. 25-44. (Boletim de Pesquisa, 4).

## APÊNDICE

Resultado da análise química do solo do campo experimental localizado na Fazenda São Geraldo, município de São Gonçalo do Sapucaí - MG, 2007.

| Característica   | Camada        |               |
|--|---------------|---------------|
|  | (0,0 - 0,2 m) | (0,2 - 0,4 m) |
| pH (H <sub>2</sub> O)                                  | 5,77          | 5,53          |
| MO (dag kg <sup>-1</sup> )                             | 5,64          | 3,9           |
| P-rem (mg L <sup>-1</sup> )                            | 11,8          | 7,6           |
| Ca <sup>+2</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) | 3,17          | 1,29          |
| Mg <sup>+2</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) | 0,74          | 0,47          |
| Al <sup>+3</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) | 0             | 0             |
| H+Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )             | 6,7           | 6,7           |
| SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )               | 4,14          | 1,92          |
| (t) (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )              | 4,14          | 1,92          |
| (T) (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )              | 10,84         | 8,62          |
| V (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )                | 38,2          | 22,3          |
| M (%)  | 0             | 0             |
| P (mg dm <sup>-3</sup> )                               | 2,8           | 0,9           |
| K (mg dm <sup>-3</sup> )                               | 90            | 63            |
| Na (mg dm <sup>-3</sup> )                              | 0             | 0             |
| Zn (mg dm <sup>-3</sup> )                              | 1,96          | 0,8           |
| Fe (mg dm <sup>-3</sup> )                              | 35,1          | 25            |
| Mn (mg dm <sup>-3</sup> )                              | 8,4           | 4,5           |
| Cu (mg dm <sup>-3</sup> )                              | 1,22          | 0,64          |
| B (mg dm <sup>-3</sup> )                               | 0,36          | 0,35          |
| S (mg dm <sup>-3</sup> )                               | 17,6          | 34,6          |