



**LUCIANO OLIVEIRA GEISENHOF**

**CUSTOS DE PRODUÇÃO E MANEJO DA  
IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO NA  
BATATICULTURA**

**LAVRAS - MG  
2010**

**LUCIANO OLIVEIRA GEISENHOFF**

**CUSTOS DE PRODUÇÃO E MANEJO DA IRRIGAÇÃO POR  
GOTEJAMENTO NA BATATICULTURA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Engenharia de Água e Solo, para obtenção do título de “Doutor”.

Orientador  
Dr. Geraldo Magela Pereira

LAVRAS - MG  
2010

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca da UFLA**

Geisenhoff, Luciano Oliveira.

Custos de produção e manejo da irrigação por gotejamento na  
bataticultura / Luciano Oliveira Geisenhoff. – Lavras : UFLA,  
2011.

123 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2010.

Orientador: Geraldo Magela Pereira.

Bibliografia.

1. *Solanum tuberosum* L. 2. Irrigação localizada. 3. Análise  
econômica. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 631.587

**LUCIANO OLIVEIRA GEISENHOFF**

**CUSTOS DE PRODUÇÃO E MANEJO DA IRRIGAÇÃO POR  
GOTEJAMENTO NA BATATICULTURA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de pós-graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Engenharia de Água e Solo, para obtenção do título de “Doutor”.

APROVADA em 16 de Dezembro de 2010

Dr. <sup>a</sup> Fátima Conceição Rezende	UFLA
Dr. Ricardo Pereira Reis	UFLA
Dr. Rovilson José de Souza	UFLA
Dr. Joaquim Gonçalves de Pádua	EPAMIG

Dr. Geraldo Magela Pereira  
(Orientador)

LAVRAS - MG  
2010

Se planejarmos para um ano devemos plantar cereais;  
Se planejarmos para uma década devemos plantar árvores;  
Se planejarmos para toda a vida devemos treinar e capacitar homens.

**Kwan-tzu.**

A Deus,  
pelo maravilhoso dom da vida, pela força e presença sempre constante.

### **OFEREÇO**

Aos meus avós Manoel e Odete, saudade, e obrigado por tudo.

A minha querida mãe Roseli e seu esposo Wellington “Tom”, pelo amor, carinho, incentivo, força nos momentos difíceis e presença marcante em todos os momentos de minha vida.

A minha amada esposa Lilian e aos nossos filhos Guilherme e Laís pelo amor carinho, dedicação, incentivo, força nos momentos difíceis, presença marcante nos grandes momentos de minha vida e especialmente por saber que tudo isto foi de grande valor.

Ao sorriso gratuito de uma criança, em especial dos meus filhos, que é sem dúvida revigorante para um pai.

Ao meu sogro Jair e minha sogra Lili, pessoas admiráveis e um exemplo de vida a ser seguido.

A minha cunhada Liliane, que mesmo estando distante se faz sempre presente.

A todos os meus familiares pelo apoio.

**DEDICO.**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela vida.

A minha família, pela criação, educação, incentivo, e companheirismo.

À Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade de realizar o curso e desenvolver esse trabalho.

Aos professores das disciplinas cursadas, pelos ensinamentos e amizade.

Ao professor Geraldo Magela Pereira (orientador), pelo apoio, amizade, companheirismo e ensinamentos oferecidos.

Aos professores coorientadores, Prof. Dr. Jacinto de Assunção Carvalho DEG/UFLA, Prof. Dr. Ricardo Pereira Reis DAE/UFLA, Prof. Dr. Rovilson José de Souza DAG/UFLA, pela atenção oferecida, apoio na realização deste estudo e pelos ensinamentos.

A todo o corpo docente do curso de pós-graduação em Engenharia de Água e Solo do Departamento de Engenharia da UFLA.

Aos funcionários do Setor de Engenharia de Água e Solo (Departamento de Engenharia), José Luiz, Oswaldo “Neném” e Gilson, por estarem sempre dispostos a ajudar na condução dos trabalhos.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia, Greice, Daniela, Dayane, Juliana e Sandra e do Setor de Olericultura, Sr. Pedro, Sr. Milton, Leandro e Josemar, pela grande ajuda e serviços prestados no decorrer do curso e do experimento.

Aos alunos de pós-graduação em Engenharia Agrícola, Gustavo Guerra Costa, Joaquim Alves de Lima Junior, Henrique Fonseca Elias de Oliveira e Rafael Pombo Teixeira e demais colegas, por terem contribuído de alguma forma para a minha formação profissional.

Ao colega de curso Lessandro Coll Faria, pela amizade e auxílio na elaboração de gráficos e tabelas.

Ao funcionário e amigo da Chácara São Manoel, Hamilton Cesar de Souza, pela sua dedicação e responsabilidade na execução de seu trabalho e também por estar sempre pronto a nos ajudar.

Ao amigo e parceiro Edilson (Ligeirinho) pela amizade, auxílio na condução do experimento e também por estar sempre pronto a nos ajudar.

Aos bolsistas de iniciação científica, Gustavo Boscolo Nogueira da Gama, Rafael Fress Gatto e Henrique Hundari Garcia pelo auxílio na condução e avaliação do experimento.

Aos colegas da equipe de funcionários da Lavras Irrigação, Engenheiro agrícola Reginaldo Coelho Rodrigues, Auxiliar administrativo, Ronieri Valentino de Souza e o Técnico em montagem, Jose Hugo, pelo auxílio na montagem dos equipamentos, elaboração dos desenhos e projetos de irrigação.

À FAPEMIG – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais, pela concessão da bolsa de estudos e ao CNPq – Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela concessão das bolsas de iniciação científica e produtividade.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

## RESUMO

Objetivou-se, com este estudo, avaliar a resposta da cultura da batata, cultivar Ágata, a diferentes tensões de água no solo, irrigada por gotejamento, visando estabelecer critérios para o manejo da irrigação, bem como estimar a viabilidade econômica deste sistema de irrigação na cultura da batata. O experimento foi conduzido em campo aberto, em área experimental do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no período de abril a agosto de 2010. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC), compreendendo-se cinco (5) tratamentos e quatro (4) repetições. Os tratamentos constituíram-se de cinco (5) tensões da água no solo, 15, 35, 55, 75 e 95 kPa (quilopascal). Concluiu-se que para a obtenção dos maiores valores de: massa fresca total de tubérculos por planta, massa fresca média de tubérculos por planta, produtividade total de tubérculos, massa fresca de tubérculos comerciais por planta, produtividade de tubérculos comerciais, número de tubérculos comerciais por planta, associados a uma excelente classificação comercial, as irrigações devem ser realizadas quando a tensão de água no solo acusar o valor de 15 kPa, a uma profundidade de 0,15 m. O rendimento produtivo da cultura reduziu-se linearmente em função do aumento da tensão da água no solo, no intervalo entre 15 e 95 kPa. O teor de matéria seca de tubérculos apresentou resposta quadrática aos tratamentos, sendo que o valor máximo de 18,77% foi obtido com a tensão de 60 kPa. Os custos totais médios observados foram inversamente proporcionais às produtividades obtidas dos tratamentos de tensão de água no solo, indicando uma resposta positiva em relação à escala de produção. A recomendação é de que o bataticultor adote como momento de irrigar, o valor de 15 kPa para o manejo da irrigação, visando obter maior lucratividade na atividade produtiva. O uso do sistema de irrigação por gotejamento no cultivo da batateira cv. Ágata é economicamente viável.

Palavras-chave: *Solanum tuberosum* L. Irrigação localizada. Análise econômica.

## ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the response of the potato cultivar Agate, different strains of soil water, trickle irrigated, in order to establish criteria for irrigation management, as well estimating the economic feasibility of irrigation system in potato. The experiment was conducted in an open field in the experimental area of Department of Engineering, Federal University of Lavras (UFLA), during April-August 2010. The experimental design was randomized blocks (DBC), comprising up five (5) treatments and four (4) replicates. The treatments consisted of five (5) soil water stress, 15, 35, 55, 75 and 95 kPa. It was concluded that to obtain higher values: total fresh weight of tubers per plant, mean fresh weight of tubers per plant, total yield of tubers, fresh weight of marketable tubers per plant, yield of marketable tubers, number of marketable tubers per plant, associated with an excellent commercial grading, irrigation should be done when the soil water tension acknowledge the value of 15 kPa at a depth of 0.15 m. The yield of crop yield declined linearly with increasing soil water tension in the range between 15 and 95 kPa. The dry matter content of tubers showed a quadratic response to treatments, and the maximum value of 18.77% was obtained with a tension of 60 kPa. The average total costs were observed inversely proportional to the yield obtained from treatment of water tension in soil, indicating a positive response in relation to the scale of production. The recommendation is that the potato producer adopt as time to irrigate, the value of 15 kPa for irrigation management, to achieve increased profitability in production activity. The use of trickle irrigation system in the cultivation of potato cv. Agate is economically viable.

Keywords: *Solanum tuberosum* L. Trickle irrigation. Economical analysis.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Situações de análises econômicas e operacionais de uma atividade produtiva.....	38
Figura 2 Visão geral do experimento, da cultura da batata irrigada por gotejamento .....	43
Figura 3 Curva de retenção da água no solo, gerada utilizando-se o modelo proposto por van Genuchten (1980).....	45
Figura 4 Esquema de uma parcela experimental com o sistema de irrigação implantado e os sensores de umidade de água no solo.....	48
Figura 5 Temperaturas diárias máximas ( $T_{m\acute{a}x}$ ), médias ( $T_{m\acute{e}d}$ ) e mínimas ( $T_{m\acute{i}n}$ ) do ar ocorridas no período do experimento.....	71
Figura 6 Umidades relativas diárias máximas ( $UR_{m\acute{a}x}$ ), médias ( $UR_{m\acute{e}d}$ ) e mínimas ( $UR_{m\acute{i}n}$ ) do ar ocorridas no período do experimento.....	71
Figura 7 Precipitações mensais e volume total precipitado durante o período de condução do experimento.....	73
Figura 8 Frequência de irrigação observada em cada tratamento e as suas respectivas laminas aplicadas após a diferenciação dos tratamentos. .	74
Figura 9 Variação das tensões de água no solo e da precipitação ocorrida após a diferenciação do tratamento 1 (15kPa) em duas profundidades ao longo do ciclo da cultura da batata. ....	75
Figura 10 Variação das tensões de água no solo e da precipitação ocorrida após a diferenciação dos tratamentos 2 (35kPa) e 3 (55kPa) em duas profundidades ao longo do ciclo da cultura da batata .....	76
Figura 11 Variação das tensões de água no solo e da precipitação ocorrida após a diferenciação dos tratamentos 4 (75kPa) e 5 (95kPa) em duas profundidades ao longo do ciclo da cultura da batata. ....	77
Figura 12 Valores médios, observados e estimados, de massa fresca total de tubérculos por planta (g), em função das tensões de água no solo .....	79

Figura 13	Valores médios, observados e estimados, de massa média de tubérculos por planta (g), em função das diferentes tensões de água no solo.....	85
Figura 14	Valores médios, observados e estimados, de produtividade total de tubérculos ( $t.ha^{-1}$ ), em função das diferentes tensões de água no solo .....	87
Figura 15	Valores médios, observados e estimados, de massa fresca total de tubérculos comerciais por planta (g), em função das diferentes tensões de água no solo.....	89
Figura 16	Valores médios, observados e estimados, de produtividade de tubérculos comerciais ( $t.ha^{-1}$ ), em função das diferentes tensões de água no solo. ....	91
Figura 17	Valores médios, observados e estimados, de número total de tubérculos comerciais por planta, em função das diferentes tensões de água no solo.....	94
Figura 18	Valores médios, observados e estimados, de matéria seca dos tubérculos (MS), em função das diferentes tensões de água no solo .....	96
Figura 19	Representações gráficas dos modelos simplificados de análise econômica da bataticultura irrigada por gotejamento, sob diferentes tensões de água no solo.....	105
Figura 20	Representações gráficas dos modelos simplificados de análise econômica da bataticultura irrigada por gotejamento, sob diferentes tensões de água no solo .....	106

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Granulometria, classificação textural e massa específica do solo utilizado no experimento .....	44
Tabela 2	Resultados da análise química do solo utilizado no experimento.....	46
Tabela 3	Lâminas aplicadas pelos sistemas de gotejamento e santeno <sup>®</sup> , precipitações (Precip.), turno de rega (TR) e número de irrigações (NI) ocorridas durante o cultivo da batata desde o plantio até o início da diferenciação dos tratamentos .....	54
Tabela 4	Cronograma de pulverizações: épocas de aplicação, defensivos agrícolas utilizados, princípios ativos e dosagens aplicadas.....	57
Tabela 5	Tensões de água no solo à profundidade de 0,15 m, lâminas aplicadas antes da diferenciação dos tratamentos (Inicial), lâminas aplicadas por irrigação após a diferenciação dos tratamentos (Irrig.), precipitações ocorridas (Precip.), lâminas de água aplicadas durante a realização das fertirrigações (Fert.), lâminas totais de água (Tot.), lâmina média por irrigação (Lmpi.), turno de rega após a diferenciação dos tratamentos (TR) e número de irrigações (NI).....	74
Tabela 6	Análise de variância para a variável massa fresca total de tubérculos por planta , em função das tensões de água no solo.....	79
Tabela 7	Análise de variância para a variável número de tubérculos por planta de batata, em função das tensões de água no solo .....	82
Tabela 8	Número de tubérculos por planta (NTP) em função das diferentes tensões de água no solo.....	83
Tabela 9	Análise de variância para massa média de tubérculos por planta de batata, em função das diferentes tensões de água no solo .....	84
Tabela 10	Análise de variância para produtividade total de tubérculos de batata (t.ha <sup>-1</sup> ), em função das diferentes tensões de água no solo .....	86

Tabela 11	Análise de variância para massa fresca de tubérculos comerciais por planta de batata (g), em função das diferentes tensões de água no solo .....	89
Tabela 12	Análise de variância para produtividade de tubérculos comerciais de batata ( $t.ha^{-1}$ ), em função das diferentes tensões de água no solo .....	91
Tabela 13	Análise de variância para número de tubérculos comerciais por planta de batata, em função das diferentes tensões de água no solo.....	93
Tabela 14	Análise de variância para a variável teor de matéria seca dos tubérculos (MS), em porcentagem, em função das tensões de água no solo.....	95
Tabela 15	Análise de variância para a variável eficiência no uso de água (EUA), em quilograma por hectare por milímetro, em função das tensões de água no solo .....	99
Tabela 16	Valores médios de eficiência no uso da água (EUA), em quilograma por hectare por milímetro, em função das tensões de água no solo	100
Tabela 17	Porcentagem dos custos fixos e variáveis para produção de batata, cultivar Ágata, em relação a diferentes tensões de água no solo ....	102
Tabela 18	Valores médios observados de produtividade (sc. $50 kg.ha^{-1}$ ) de tubérculos graúdos de batata, cv. Ágata, em função das diferentes tensões de água no solo.....	103
Tabela 19	Custos econômicos e operacionais médios da produção de tubérculos de batata, cv. Ágata, em $R\$.sc^{-1}$ de 50 kg, em função das diferentes tensões de água no solo.....	104

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	17
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	19
<b>2.1</b>	<b>Aspectos gerais da cultura da batata</b> .....	19
<b>2.2</b>	<b>Fatores que afetam o ciclo de desenvolvimento da batateira</b> .....	20
<b>2.2.1</b>	<b>Dormência</b> .....	21
<b>2.2.2</b>	<b>Temperatura</b> .....	22
<b>2.2.3</b>	<b>Fotoperíodo</b> .....	23
<b>2.2.4</b>	<b>Umidade do solo</b> .....	23
<b>2.2.5</b>	<b>Nutrição mineral</b> .....	24
<b>2.3</b>	<b>Época de plantio</b> .....	25
<b>2.4</b>	<b>Manejo da irrigação com base na tensão de água no solo</b> .....	26
<b>2.5</b>	<b>Características dos métodos de irrigação por aspersão e localizada.</b> .....	30
<b>2.6</b>	<b>Necessidades hídricas para a cultura da batata</b> .....	32
<b>2.7</b>	<b>Custos de produção</b> .....	34
<b>2.8</b>	<b>Custos da irrigação</b> .....	39
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	42
<b>3.1</b>	<b>Localização e época do experimento</b> .....	42
<b>3.1.1</b>	<b>Clima</b> .....	42
<b>3.2</b>	<b>Solo</b> .....	43
<b>3.2.1</b>	<b>Análises físicas</b> .....	44
<b>3.2.2</b>	<b>Análises químicas</b> .....	46
<b>3.2.3</b>	<b>Preparo do solo</b> .....	47
<b>3.3</b>	<b>Delineamento experimental e tratamentos</b> .....	47

<b>3.4</b>	<b>Sistema e manejo da irrigação</b> .....	<b>49</b>
<b>3.5</b>	<b>Cultivar empregada</b> .....	<b>53</b>
<b>3.6</b>	<b>Instalação e condução do experimento</b> .....	<b>53</b>
<b>3.7</b>	<b>Práticas culturais</b> .....	<b>55</b>
<b>3.7.1</b>	<b>Adubação</b> .....	<b>55</b>
<b>3.7.2</b>	<b>Controle de plantas daninhas e operação de amontoa</b> .....	<b>56</b>
<b>3.7.3</b>	<b>Controle fitossanitário</b> .....	<b>57</b>
<b>3.8</b>	<b>Variáveis meteorológicas</b> .....	<b>57</b>
<b>3.9</b>	<b>Características avaliadas</b> .....	<b>58</b>
<b>3.9.1</b>	<b>Classificação dos tubérculos</b> .....	<b>58</b>
<b>3.9.2</b>	<b>Avaliação da produção</b> .....	<b>59</b>
<b>3.9.2.1</b>	<b>Massa fresca total de tubérculos por planta (g)</b> .....	<b>59</b>
<b>3.9.2.2</b>	<b>Número de tubérculos por planta (un.)</b> .....	<b>60</b>
<b>3.9.2.3</b>	<b>Massa fresca média de tubérculo por planta (g)</b> .....	<b>60</b>
<b>3.9.2.4</b>	<b>Produtividade total de tubérculos (t.ha<sup>-1</sup>)</b> .....	<b>60</b>
<b>3.9.2.5</b>	<b>Massa fresca total de tubérculos comerciais por planta (g)</b> .....	<b>60</b>
<b>3.9.2.6</b>	<b>Produtividade de tubérculos comerciais (t.ha<sup>-1</sup>)</b> .....	<b>61</b>
<b>3.9.2.7</b>	<b>Número de tubérculos comerciais por planta (un.)</b> .....	<b>61</b>
<b>3.9.2.8</b>	<b>Peso específico ou densidade relativa dos tubérculos (g.g<sup>-1</sup>)</b> .....	<b>61</b>
<b>3.9.2.9</b>	<b>Teor de massa seca dos tubérculos (%)</b> .....	<b>62</b>
<b>3.9.2.10</b>	<b>Eficiência no uso da água (EUA)</b> .....	<b>62</b>
<b>3.10</b>	<b>Análises estatísticas</b> .....	<b>62</b>
<b>3.11</b>	<b>Custos de produção</b> .....	<b>63</b>
<b>3.11.1</b>	<b>Custo fixo</b> .....	<b>65</b>
<b>3.11.2</b>	<b>Custo variável</b> .....	<b>66</b>
<b>3.12</b>	<b>Análise econômica simplificada</b> .....	<b>68</b>

<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	70
<b>4.1</b>	<b>Caracterização das condições climáticas</b> .....	70
<b>4.2</b>	<b>Tensões e lâminas de água aplicadas</b> .....	73
<b>4.3</b>	<b>Avaliação do sistema de irrigação</b> .....	78
<b>4.4</b>	<b>Avaliação da produção</b> .....	78
<b>4.4.1</b>	<b>Massa fresca total de tubérculos por planta</b> .....	78
<b>4.4.2</b>	<b>Número de tubérculos por planta</b> .....	82
<b>4.4.3</b>	<b>Massa fresca média de tubérculos por planta</b> .....	84
<b>4.4.4</b>	<b>Produtividade total de tubérculos</b> .....	85
<b>4.4.5</b>	<b>Massa fresca de tubérculos comerciais por planta</b> .....	88
<b>4.4.6</b>	<b>Produtividade de tubérculos comerciais</b> .....	90
<b>4.4.7</b>	<b>Número de tubérculos comerciais por planta</b> .....	93
<b>4.4.8</b>	<b>Teor de matéria seca dos tubérculos</b> .....	95
<b>4.4.9</b>	<b>Eficiência no uso da água</b> .....	98
<b>4.5</b>	<b>Custo total de produção</b> .....	101
<b>4.6</b>	<b>Estudo econômico simplificado</b> .....	104
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	107
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	108
	<b>ANEXOS</b> .....	121

## 1 INTRODUÇÃO

A batateira é uma das culturas de maior importância econômica em todo o planeta. A produção mundial de batata movimentou economicamente em torno de 10 bilhões de dólares por ano, com uma produção anual aproximadamente de 320 a 340 milhões de toneladas cultivadas em 19,5 milhões de hectares (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO, 2010). A China se destaca como o país com a maior produção e com a maior área plantada, seguido por Rússia, Índia, Estados Unidos e Ucrânia. Estes cinco países respondem por 54,7% da produção global (ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA - AGRIANUAL, 2010).

No Brasil a batateira destaca-se como a hortaliça com a maior área plantada, estimada em 140 mil hectares e produção de 3,5 milhões de toneladas, resultando em grande expressão econômica em vários estados brasileiros. Na safra colhida em 2009, a produtividade média nacional, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2010) situou-se em torno de 25 t ha<sup>-1</sup>.

Os principais estados produtores são Minas Gerais, São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul, responsáveis por 90% da produção nacional. O estado de Minas Gerais é responsável por 37% desse total, com uma produção alcançada nas três safras colhidas em 2009, de 1,3 milhões de toneladas em aproximadamente 40 mil hectares cultivados (AGRIANUAL, 2010).

Atualmente a região Sul do estado de Minas Gerais se firmou com o posto de maior região produtora do país. Isto se deve principalmente em razão da boa infraestrutura presente na região, o que inclui trinta e cinco beneficiadoras de batata; várias câmaras frigoríficas; com capacidade de armazenar mais de quatrocentas mil caixas de batata-semente; mais de cem lojas

de insumos e maquinários agrícolas; cinco empresas misturadoras de fertilizantes; além de uma diversificada rede de pesquisa e assistência técnica ao produtor, formada por universidades, empresas de pesquisas estaduais, federais e órgãos públicos e privados de assistência técnica. A bataticultura no Sul de Minas Gerais é responsável atualmente pela geração de oitenta mil empregos diretos e quarenta mil indiretos (CENTRO DE INTELIGÊNCIA DA BATATA - CIB, 2008).

O uso da irrigação exerce papel fundamental no agronegócio, trata-se de um dos principais instrumentos para a modernização da agricultura brasileira e que permite grandes benefícios, desde que conduzida dentro de critérios técnicos, sendo uma prática essencial para o cultivo da batateira.

Dentre as dificuldades que os bataticultores têm encontrado para um manejo adequado da irrigação, destaca-se a falta de informações específicas, sobre qual o momento adequado de iniciar a irrigação e quanto de água aplicar. Assim sendo, na maioria das vezes, a irrigação está sendo realizada baseada somente no senso prático do irrigante, sem o uso de qualquer parâmetro, equipamento ou sensor de controle.

No Brasil, estudos sobre a produção de batata irrigada por gotejamento, ainda são incipientes, tanto no aspecto do manejo adequado da irrigação, ou seja, o momento oportuno de irrigar e a quantidade de água a ser aplicada, quanto em relação à análise de sua viabilidade econômica.

Diante do exposto, objetivou-se, neste trabalho, avaliar o efeito de diferentes tensões de água no solo, sobre o comportamento produtivo da cultura da batata, cultivar Ágata, bem como estimar a viabilidade econômica da irrigação por gotejamento nesta cultura.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Aspectos gerais da cultura da batata

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é uma planta oriunda da região andina, na América do Sul, em áreas próximas ao lago Titicaca, região de fronteira entre o Peru e a Bolívia, de onde foi levada para a Europa em 1570 após a conquista do Império Inca pelos espanhóis. No entanto, somente duzentos anos depois se tornou um alimento básico para os europeus. Suas nobres características nutritivas e de produção tornaram possível a difusão rápida desta espécie na Europa de onde foi levada aos demais países do mundo, incluindo os países não andinos da América Latina. Entre estes, incluem-se os países do sul e leste da América do Sul, México, América Central e os países do Caribe (TAVARES; CASTRO; MELO, 2002).

A batateira é uma planta dicotiledônea, herbácea, pertencente à família das solanáceas, com metabolismo C3, perene por seus tubérculos, mas comercialmente utilizada como anual, constituída por caules angulosos e ramificados, em disposição ereta, aberta ou decumbente, com coloração verde ou arroxeadas. As folhas são compostas por três ou mais pares de folíolos laterais, um folíolo apical e alguns rudimentares, todos esses de formato arredondado (FORTES; PEREIRA, 2003).

Seu sistema radicular desenvolve-se superficialmente, sendo formado por raízes que se originam na base de uma haste. As raízes são alongadas e delicadas, concentrando-se na camada superficial do solo, e atingem profundidade máxima de 50 cm. Esta característica implica maior eficiência na adubação, quando aplicada em forma prontamente disponível, no sulco de

plantio ou próximo a ele, bem como na irrigação efetuada por aspersão ou por gotejamento (FILGUEIRA, 2003).

Do ponto de vista anatômico, o tubérculo é um caule modificado com entrenós curtos e engrossados e, ao seu redor, possuem cicatrizes, gemas axilares dispostas em forma helicoidal que darão origem a novos brotos. A tuberização inicia com o engrossamento por crescimento radial do primeiro entrenó situado embaixo da gema apical do estolão (FERNÁNDEZ, 2008).

O tubérculo é um caule modificado e adaptado para a reserva de carboidratos. Além de ser a parte comercial da planta, utilizada sob várias formas de consumo, é também utilizado na multiplicação vegetativa da cultura. Entre 75% a 85% da massa seca total produzida pela planta é acumulada nos tubérculos (FILGUEIRA, 2003).

No momento da colheita os tubérculos encontram-se em dormência, cuja duração depende de vários fatores, como: variedade, condições ambientais durante o ciclo da cultura e características do armazenamento. Vários autores, entre eles Harris (1992), Rouselle et al. (1999) e Van der Zaag (1992) ressaltam a importância da batata-semente na definição da duração do ciclo de crescimento, em função da sua idade fisiológica e do seu tamanho.

Segundo Filgueira (2003), a batateira é dividida em quatro estádios de desenvolvimento: a fase I tem início no plantio da batata-semente e vai até a emergência; a fase II compreende o intervalo entre a emergência e o início da tuberização; a fase III vai do início da tuberização até o enchimento dos tubérculos; e a fase IV compreende o período da maturação ou senescência.

## **2.2 Fatores que afetam o ciclo de desenvolvimento da batateira**

Os rendimentos elevados desta espécie vegetal dependem além do potencial genético, também de outros fatores, principalmente fatores referentes

às condições meteorológicas, edáficas e práticas de cultivo, dentre estes diversos fatores podemos citar como mais importantes: dormência, temperatura, fotoperíodo, umidade do solo e nutrição mineral.

### **2.2.1 Dormência**

No ciclo vegetativo da batateira, a primeira característica determinante de seu desenvolvimento, objeto de numerosos estudos, Harris (1992), Rousselle, Robert e Crosnier (1999) e Van der Zaag (1992) é a idade fisiológica da batata-semente.

A dormência é uma característica determinada geneticamente, sendo influenciada pelos fatores climáticos. A temperatura do ar, a umidade relativa do ar e a luminosidade, tanto durante o período de campo como no armazenamento tem um efeito direto na dormência. A duração do período de repouso varia de uma a quinze semanas, em função das condições de temperatura no armazenamento (MOORBY; MILTHORPE, 1975 citado por FERNÁNDEZ, 2008).

Geralmente, no armazenamento procura-se prevenir a brotação múltipla, mantendo os tubérculos-mãe em condições semelhantes à colheita. Esse objetivo é atingível manejando o tamanho dos tubérculos, a temperatura e duração de armazenagem, controlando assim o número, o tamanho e o grau de diferenciação dos brotos no momento do plantio (VAN DER ZAAG, 1992).

Depois de superada a dormência e realizado o plantio, o crescimento dos brotos ocorre em função de fatores ambientais como: temperatura, umidade do solo e concentração de nutrientes, variando a sua duração desde alguns dias até um mês. Ao mesmo tempo, aspectos de manejo como a profundidade de semeadura, compactação do solo e a infecção de doenças podem acarretar problemas, provocando atraso na emergência ou enrolamento dos brotos,

resultando em um estabelecimento desuniforme da cultura (MOORBY; MILTHORPE, 1975 citados por FERNÁNDEZ, 2008).

O ciclo vegetativo é afetado tanto pela temperatura do ar como pela radiação solar, sendo em geral, tanto mais extenso quanto maior forem esses parâmetros. O início da tuberização é fortemente influenciado pelos fatores do ambiente. O fotoperíodo curto e as baixas temperaturas são promotores da iniciação, assim como os altos níveis de radiação solar e o moderado suplemento de nutrientes minerais (ROUSSELLE; ROBERT; CROSNIER, 1999).

### **2.2.2 Temperatura**

A batateira é uma cultura que responde qualitativamente a temperatura e os valores ótimos diurnos encontram-se entre 18°C a 20°C (DOORENBOS; KASSAM, 1979). A temperatura mínima para a vegetação da batateira está entre 5°C e 7°C. Quando submetidas a temperaturas inferiores a 2°C, os tubérculos correm risco de congelar; porém, em temperaturas elevadas ao redor de 29°C comprometem a tuberização e provocam o rebrote. Em clima temperado, o crescimento e formação dos tubérculos são favorecidos por noites moderadamente frias, menores que 15°C e temperaturas médias durante o dia entre 20°C a 24°C (ROUSSELLE; ROBERT; CROSNIER, 1999; VAN DER ZAAG, 1992).

A quantidade de fotossíntese líquida disponível para o crescimento diminui com a elevação da temperatura e pelo aumento na fotorrespiração (VAN DER ZAAG, 1992). Cada aumento de 5°C ou diminuição de 10°C da faixa ótima de temperatura provocam uma perda no rendimento fotossintético em aproximadamente 25% (ROUSSELLE; ROBERT; CROSNIER, 1999).

### **2.2.3 Fotoperíodo**

As variedades andinas de batata são definidas como uma cultura de fotoperíodo curto para tuberação, com resposta quantitativa, porém, existe uma grande diversidade em função da adaptabilidade das diferentes variedades às condições climáticas do local de cultivo, entretanto as variedades de origem européias são definidas como uma cultura de fotoperíodo longo e com pouca diversidade (VAN DER ZAAG, 1992).

Segundo Midmore e Prange (1992), a intensidade de luz afeta o crescimento e desenvolvimento da batateira através da produção de carboidratos e sua partição entre os diferentes órgãos. Além de ter influência sobre a produção de carboidratos, mediante modificações na atividade fotossintética e no índice de área foliar (IAF), o fotoperíodo afeta a indução da tuberação.

Os dias mais curtos favorecem a indução precoce da tuberação (MOORBY; MILTHORPE, 1975 citado por FERNÁNDEZ, 2008). Essa resposta deve ser considerada para cada variedade, já que existe para cada uma delas um comprimento crítico do dia.

O fotoperíodo curto por um lado, estimula a rápida iniciação dos tubérculos, mas por outro, reduz o tamanho e a duração da área foliar. Essa resposta está diretamente relacionada com as condições do local e variedades melhoradas sob condições de fotoperíodo curto, as quais submetidas a dias longos, atrasam o início da tuberação, reduzindo o rendimento (MOORBY; MILTHORPE, 1975 citado por FERNÁNDEZ, 2008).

### **2.2.4 Umidade do solo**

A disponibilidade hídrica no solo tem fundamental importância para o estabelecimento, desenvolvimento da cultura e produção de tubérculos, trata-se

de um dos fatores ambientais de efeito marcante no desenvolvimento da batateira. A cultura é extremamente sensível ao déficit hídrico durante o início da tuberização e o desenvolvimento inicial dos tubérculos, sendo que a restrição na oferta de água durante estas fases pode reduzir substancialmente a qualidade e resultar em malformação dos tubérculos (MAROUELLI; SILVA; SILVA, 1996; ROSA, 2003).

Os mesmos autores enfatizam que se o déficit hídrico ocorrer durante a fase de crescimento dos tubérculos o rendimento total da produção será mais afetado do que a qualidade, sendo que as condições favoráveis de umidade promovem maior produtividade, maior teor de amido, melhor qualidade culinária e também conservação pós-colheita. Entretanto, níveis excessivos de água no solo podem favorecer a ocorrência de podridões e lenticelose.

O ideal é o suprimento de água ser adequado, de modo que as plantas estejam sempre fotossinteticamente ativas, sem ocorrência de autossombreamento, favorecendo a abertura estomática e consequentemente um incremento na massa seca acumulada pelos tubérculos (FERNÁNDEZ, 2008).

### **2.2.5 Nutrição mineral**

Dentre os fatores de produção, a nutrição é o mais relacionado com o aumento na produtividade e a melhoria da qualidade da batata. A batateira é considerada uma das olerícolas de maior exigência em termos nutricionais. A quantidade e a qualidade de seus tubérculos estão diretamente ligadas ao fornecimento e a disponibilidade dos nutrientes fornecidos via adubação convencional ou fertirrigação (FILGUEIRA, 2003).

O conhecimento das exigências nutricionais da cultura é um pré-requisito para estabelecer a quantidade de fertilizantes a ser fornecida, buscando

manter os níveis de nutrientes adequados no solo e contribuir para obtenção de ganhos satisfatórios em produtividade e qualidade (MAGALHÃES, 1985).

A utilização de curvas de acúmulo de nutrientes para diversas espécies de hortaliças é um bom parâmetro de indicação da necessidade de nutrientes em cada etapa do desenvolvimento da planta. Estas auxiliam, na elaboração de um programa adequado de fertilização, evitando-se excessos ou déficits, garantindo produtividades satisfatórias (VILAS BÔAS et al., 2001).

### 2.3 Época de plantio

Segundo Filgueira (2003), o Brasil é um país privilegiado em relação à bataticultura. Devido às regiões produtoras diversificadas, planta-se e colhe-se batata ao longo das quatro estações do ano, sendo que esta característica ocorre pela escolha da época de plantio mais adequada, em cada região, onde se propicia melhores condições climáticas para o pleno desenvolvimento da cultura.

É importante salientar que o bom desenvolvimento da planta e a produção resultam da interação da cultivar com fatores ambientais, destacando-se o clima que influencia todas as etapas do ciclo vegetativo. Devido à origem andina, a planta somente produz sob temperaturas favoravelmente amenas, visto que ainda não foram obtidas cultivares adaptadas a temperaturas elevadas (FERNÁNDEZ, 2008).

Filgueira (2003) divide o plantio da batateira em três épocas distintas: **Plantio das águas** (setembro a novembro) é praticado em larga escala, em regiões de altitude, geralmente sem uso de irrigação devido à pluviosidade. A produtividade e a qualidade do tubérculo são comprometidas pela ocorrência de elevadas temperaturas e umidade do solo favorável ao desenvolvimento de doenças fúngicas e bacterianas. A colheita ocorre em época chuvosa, o que

prejudica a qualidade dos tubérculos. O plantio das águas é responsável por 55% da safra anual.

**Plantio da seca** (fevereiro a abril) é efetuado em regiões altas e de altitudes medianas, o progressivo declínio na temperatura e no fotoperíodo, ao longo do ciclo, favorece a cultura. É necessário o uso de irrigação para complementar a falta de chuvas. As condições climáticas são menos favoráveis a ocorrência de doenças. A colheita ocorre sem chuvas melhorando a qualidade do tubérculo. O plantio da seca é responsável por 32% da safra anual.

**Plantio de inverno** (maio a julho) é praticado em regiões de altitudes variadas, principalmente em regiões baixas, com inverno suave e livre de geada. A irrigação é indispensável. A temperatura e o fotoperíodo são favoráveis. É bastante utilizado por produtores como rotação de cultura com grãos. A qualidade e a capacidade de conservação dos tubérculos são favorecidas. Embora os preços praticados nesta época sejam elevados, o plantio corresponde a apenas 13% da safra anual, porém nos últimos anos nota-se um crescimento devido à adoção mais intensiva de uso de irrigação, principalmente sistemas de pivô-central.

#### **2.4 Manejo da irrigação com base na tensão de água no solo**

Sempre que um solo não estiver saturado, nele existem ar e interfaces água/ar (meniscos) que lhe conferem o estado de tensão (pressão negativa). Assim, a água no solo, via de regra, encontra-se sob tensões, a tensão da água no solo, também chamada de potencial matricial, é resultante da afinidade da água com a matriz do solo, devido às forças de adsorção e de capilaridade oriundas das forças coesivas e adesivas que se desenvolvem dentro e entre as três fases do solo (GOMIDE, 2000).

O potencial matricial do solo é um importante indicador da disponibilidade de água para as plantas (SMAJSTRLA; HARRISON, 1998), o qual corresponde a uma medida da quantidade de energia requerida pelas plantas para extrair água do solo (SMAJSTRLA; PITTS, 1997).

Há uma série de instrumentos empregados na determinação do potencial da água no solo (REICHARDT; TIMM, 2004), entretanto, o controle da tensão é, geralmente, realizado com o auxílio de tensiômetros, que trabalham na faixa de tensão entre 0 e 80 kPa (COSTA et al., 2002).

Teoricamente, o tensiômetro poderia medir tensões de até 101,3 kPa; na prática, porém, só é possível medir até 80 kPa aproximadamente. Acima desta tensão o ar penetra no instrumento através dos poros da cápsula, a água começa a passar do estado líquido para o estado de vapor e as medições perdem precisão (GOMIDE, 2000).

O tensiômetro consiste de uma cápsula porosa, de cerâmica em contato com o solo, ligada a um vacuômetro, por meio de um tubo de PVC completamente cheio de água. Quando colocado no solo, a água do tensiômetro entra em contato com a água do solo e o equilíbrio tende a se estabelecer (REICHARDT; TIMM, 2004).

Qualquer mudança no teor de água no solo, e, conseqüentemente, em seu estado de energia, será transmitida à água no interior da cápsula, sendo indicada pelo dispositivo de leitura. A cápsula do tensiômetro funciona como uma membrana semipermeável, permitindo a livre passagem de água e íons, não permitindo a passagem de ar e partículas de solo para tensões menores que 80 kPa (GOMIDE, 2000).

Para a maioria dos solos, a tensão máxima registrada pelos tensiômetros corresponde à utilização de mais de 50% da água disponível, que é a compreendida entre a umidade na capacidade de campo e o ponto de murcha permanente (CABELLO, 1996).

Caso haja interesse em medir tensões acima da faixa de uso da tensiometria, pode-se utilizar blocos de resistência elétrica (MORGAN; PARSONS; WHEATON, 2001).

Os blocos de resistência elétrica, usados para estimativa do conteúdo de água no solo, são constituídos de dois eletrodos, os quais são envolvidos por uma massa absorvente, em geral de gesso, mas pode ser *nylon*, fibra de vidro ou outros materiais. Sua faixa de atuação vai de 50 a 1500 kPa e, devido ao fato da resistência elétrica de uma solução diminuir ao aumentar em função de sua concentração salina, estes aparatos não só medem o potencial matricial, mas também o potencial osmótico (CABELO, 1996).

Além da salinidade do solo, deve-se ter atenção com alguns outros fatores que influem nas leituras como: a temperatura, as características físicas do gesso utilizado na fabricação dos blocos e a dispersão de corrente elétrica no solo (SHOCK; FEIBERT; JADERHOLM, 2002).

Tentando ajustar o bloco de gesso para estimar a umidade do solo, Bouyoucos e Mick (1940) realizaram diversos estudos sobre seus componentes, bem como a tensão com base na resistência elétrica. Esse instrumento necessita ser calibrado em cada solo e apresenta problemas de inconsistência na distribuição do tamanho dos poros, bem como perde o contato com o solo com certa frequência.

Visando reduzir esses problemas foi desenvolvido um sensor de matriz granular para estimar a tensão da água no solo (LARSON, 1985). Poucos estudos existem no Brasil sobre esse sensor de matriz granular denominado comercialmente por *watermark*<sup>®</sup>. De acordo com o fabricante (*Irrrometer Co. Inc.*, Riverside, Califórnia - EUA), ele apresenta intervalo de leitura variando de 0 a 200 kPa e quando usado um medidor próprio, não há necessidade de calibração e a resistência elétrica é convertida em tensão de água no solo automaticamente. A única exigência é o conhecimento da temperatura do solo.

O medidor tem a função de medir a resistência à passagem da corrente elétrica entre dois eletrodos enterrados no solo, que por meio de equações internas, permite verificar a tensão da água. E são considerados satisfatórios para o monitoramento da irrigação (SHOCK; FEIBERT; JADERHOLM, 2002).

Allen (2000) apresentou equações de calibração desse instrumento, relacionando o potencial matricial com a resistência elétrica e a temperatura do solo. Shock, Feibert e Jaderholm (2002) fazendo uma comparação entre tensiômetro e sensor de matriz granular (*Watermark<sup>®</sup> sensor model 200SS*) obtiveram boa correlação entre esses sensores, na medição da tensão de água no solo, para a faixa de alcance dos tensiômetros em diversos ciclos de molhamento e secagem do solo.

Utilizando-se a tensão de água no solo para o manejo, a irrigação deve ser realizada toda vez que a tensão atingir um determinado valor crítico que não afete o desempenho da cultura. Segundo Morgan, Parsons e Wheaton (2001), o teor de água do solo deve ser mantido entre certos limites específicos acima e abaixo, em que a água disponível para a planta não é limitada, enquanto a lixiviação é prevenida.

Para o cálculo da lâmina de água a ser aplicada por irrigação torna-se necessário o conhecimento do teor de água no solo em equilíbrio com dada tensão. Para isso, podem-se utilizar as curvas de retenção de água no solo, consideradas como uma das ferramentas básicas no estudo dos processos de movimentação e retenção de água no solo, e que representa a relação entre a porcentagem de água no solo e a tensão com que a água está retida no mesmo, podendo ser obtida em laboratório ou no campo (COSTA et al., 2002).

Conhecendo o momento de irrigar pela tensão de água no solo, é estabelecido quanto de água deve ser aplicado pela irrigação com base no armazenamento de água no solo. Segundo Bezerra (1995) alguns trabalhos de

pesquisa relatam tensão de 30 kPa a 40 kPa à 20 cm de profundidade, como o indicador para o início das irrigações pra a cultura da batata.

Diversos trabalhos da literatura têm mostrado ser a tensão de água no solo indicada, tanto para determinar o momento de irrigar, quanto para estimar a quantidade de água a ser aplicada em várias culturas (FIGUERÊDO, 1998; GONDIM; AGUIAR; COSTA, 2000; GUERRA, 1995; GUERRA; SILVA; AZEVEDO, 1994; SÁ et al., 2005; SANTOS; PEREIRA, 2004).

## **2.5 Características dos métodos de irrigação por aspersão e localizada**

O método de irrigação mais empregado na cultura da batata é por aspersão, produzida pelos sistemas pivô central, canhões autopropelidos e aspersores convencionais, sistemas esses que utilizam grande quantidade de água, trazendo consequências negativas à cultura, como o desperdício de água, a lixiviação de nutrientes e o consequente desperdício de fertilizantes. Além disso, causam o molhamento excessivo da parte aérea das plantas e, em consequência, contribui para uma maior suscetibilidade da cultura a ocorrência de doenças (GARCIA et al., 2003).

Como principais vantagens da aspersão, podem-se destacar: a possibilidade de ser usada em qualquer tipo de solo e em terrenos declivosos, a possibilidade de automação e de aplicação de fertilizantes via água de irrigação.

A aspersão, no entanto, pode ter a uniformidade de distribuição de água severamente afetada pela interferência do vento e, sob climas secos e quentes, tem a eficiência reduzida pela evaporação e, ainda, a água aplicada sobre a planta pode lavar defensivos e fertilizantes aplicados à folhagem e favorecer uma maior incidência de doenças na parte aérea (MAROUELLI; SILVA; SILVA, 2001).

A incidência e a intensidade da ocorrência de doenças, nas culturas submetidas à irrigação por aspersão são favorecidas tendo em vista a otimização

de dois fatores importantes relacionados com patogênese. O primeiro é o maior número de horas com molhamento foliar favorável ao desenvolvimento e estabelecimento dos patógenos. O segundo é a maior turgescência dos tecidos vegetais, o que contribui para uma rápida infecção (BALARDIN, 2001).

A irrigação localizada compreende segundo Bernardo, Soares e Mantovani (2005), os sistemas de irrigação nos quais a água é aplicada ao solo, diretamente sobre a região radicular, em pequenas intensidades, porém, com alta frequência, de modo que mantenha a umidade do solo na zona radicular próxima à capacidade de campo.

As principais vantagens da irrigação localizada, segundo Bernardo, Soares e Mantovani (2005) e Vermeiren e Jobling (1997), são: maior eficiência no uso da água, produtividade, eficiência na adubação e no controle fitossanitário. Não interfere nas práticas culturais, adapta-se a diferentes tipos de solo e topografia, possibilidade de ser usada com água salina ou em solos salinos, economia de mão de obra, redução dos gastos de energia e possibilidade de automação.

Dentre as limitações destacam-se as que estão diretamente relacionadas aos acessórios e emissores, assim como a forma de aplicação da água particular desse sistema de irrigação, podendo citar (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2005; VERMEIREN; JOBLING, 1997): entupimento dos gotejadores, acúmulo de sais no solo, restrição ao desenvolvimento das raízes da planta e alto custo de implantação, embora se apresente como um sistema viável para o agricultor, principalmente, quando se leva em consideração a economia no uso da água e de defensivos, aliada a um possível aumento da produtividade.

Souza (2008), em cultivo de batata, cultivar Ágata, irrigada por gotejamento no sul de Minas Gerais, obteve produtividade total e de tubérculos graúdos de 61 t.ha<sup>-1</sup> e 50,3 t.ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Garcia et al. (2003), em trabalho conduzido em Botucatu, SP, onde avaliaram os efeitos da irrigação por gotejamento superficial e sub-superficial em batata, cultivar Aracy, constatou que a maior produtividade comercial foi obtida pelo sistema de irrigação por gotejamento sub-superficial, com uma densidade de plantas de 36.667 plantas.ha<sup>-1</sup> e produtividade de tubérculos graúdos de 34,09 t.ha<sup>-1</sup>.

De modo geral a utilização das modernas técnicas de irrigação na cultura da batata tem sido realizada de forma empírica, baseando somente no senso comum do bataticultor, por meio de praticas impróprias e uso de sistemas de irrigação com baixa uniformidade de distribuição de água (MAROUELLI; SILVA; SILVA, 1996).

Neste contexto, a irrigação localizada destaca-se na horticultura brasileira como um dos métodos de maior sintonia com a nova Lei de Recursos Hídricos (Lei 9.433/97), pois, a água é utilizada com maior eficiência, o que permite um melhor controle da lâmina aplicada (BRASIL, 1997).

## **2.6 Necessidades hídricas para a cultura da batata**

Do total de água que é consumido por uma cultura, aproximadamente 98% passa pela planta para a atmosfera pelo processo de transpiração. Este fluxo de água é necessário para que ocorra desenvolvimento vegetal e manutenção da temperatura, por este motivo, sua taxa deve ser mantida dentro de limites ótimos para cada cultura (REICHARDT; TIMM, 2004).

O consumo de água das culturas é determinado, basicamente, pela demanda evaporativa da atmosfera, propriedades físicas do solo e características das plantas (BERGANMASHI et al., 1992).

Segundo Carlesso (2001), o suprimento de água para plantas é determinado pela habilidade da cultura em utilizar a água armazenada no solo e, a

demanda, por outro lado, é determinada pela combinação dos fatores meteorológicos interagindo com o dossel vegetativo da cultura.

A batateira é uma planta que se enquadra no grupo I das culturas, consideradas muito exigente em relação ao consumo de água e muito susceptível a ocorrência de déficit hídrico (DOORENBOS; KASSAM, 1979).

O consumo de água pela batateira acompanha o desenvolvimento da cultura, aumentando, do estágio vegetativo para o estágio de tuberização, atingindo o valor máximo no início do desenvolvimento e enchimento dos tubérculos e diminuindo a partir do estágio de maturação (AGUIAR NETO; RODRIGUES; PINHO, 2000; BEZERRA; ANGELOCCI; MINAMI, 1998; DOORENBOS; KASSAM, 1979; OJALA; STARK; KLEINKOPF, 1990).

Shock et al. (1993) enfatizam que um adequado conteúdo de água no solo, antes e durante o início da fase de tuberização, incrementa o número de tubérculos por planta. Após o período de tuberização o correto fornecimento de água as plantas, contribui para o aumento do tamanho e da massa fresca dos tubérculos (HANG; MILLER, 1986).

Segundo Doorenbos e Kassam (1979), em média uma variedade de batata de ciclo de 100 a 120 dias, necessita de 500 a 700 mm dependendo das condições climáticas do local.

Fabeiro, Santa Olalla e Juan (2001), estudaram o efeito do manejo da água de irrigação através da aplicação de diferentes laminas de irrigação nas plantas de batata e observaram um consumo total de 520 a 570 mm de lamina de água, durante todo o ciclo, para produções superiores a 40 t ha<sup>-1</sup>.

Experimentos combinando sistemas e métodos de irrigação e lamina de água aplicada na cultura da batata foram realizados por Waddel et al.(1999), onde foi verificado um aumento nos rendimentos de batata com aplicação de laminas entre 380 a 476 mm.

Duarte (1989) realizou ensaio em Piracicaba, SP, com a cultivar Achat, sobre três laminas de água aplicada, obtendo maiores rendimentos, em torno de  $30 \text{ t ha}^{-1}$ , com lamina total de 600 mm.

De maneira geral a cultura da batata consome de 300 a 800 mm de água durante todo o seu ciclo, dependendo principalmente, das condições climáticas predominantes (MAROUELLI; CARRIJO, 1987).

## **2.7 Custos de produção**

Os fundamentos teóricos ligados à tecnologia, aos preços dos insumos e à busca da eficiência na alocação dos recursos produtivos constituem a base da relação entre custo total e produção. O custo total de produção constitui-se na soma de todos os pagamentos efetuados pelo uso dos recursos e serviços, incluindo o custo alternativo do emprego dos fatores produtivos.

Na teoria do custo, para efeito de planejamento, deve-se determinar o período de tempo, que pode ser classificado em curto ou longo prazo. Em curto prazo, os recursos utilizados são classificados em custos fixos e variáveis.

Os custos fixos (CF) são aqueles correspondentes aos recursos que não são assimilados totalmente pelo produto no curto prazo, considerando-se apenas uma parcela de sua vida útil, por meio da depreciação. Constitui-se em recursos que, dificilmente, são alteráveis em curto prazo e seu conjunto determina a capacidade de produção, ou seja, a escala de produção.

Já os custos variáveis (CV) são aqueles referentes aos recursos com duração inferior ou igual ao curto prazo, no qual se incorporam totalmente ao produto e a sua recomposição é feita a cada ciclo do processo produtivo e que podem provocar alterações quantitativas e qualitativas no produto dentro do ciclo, sendo facilmente alteráveis (REIS, 2007).

A soma dos custos fixos e variáveis representa o custo total (CT), que corresponde à soma de todos os custos com fluxos de serviços de capital (depreciações) e insumos (despesas), para produzir certa quantidade do produto, durante o ciclo de produção da atividade agrícola (SILVA, 2002).

Outra classificação, importante para a análise, divide-se em custo alternativo ou de oportunidade e custo operacional (Cop) e, para facilitar as análises em termos unitários, apuram-se os custos médios (CMe) (REIS, 2007).

Os custos operacionais constituem os valores correspondentes às depreciações e aos insumos empregados, equivalentes ao prazo de análise, enquanto os custos alternativos correspondem à remuneração que esses recursos teriam se fossem empregados na melhor das demais alternativas econômicas possíveis (REIS; MEDEIROS; MONTEIRO, 2001).

O custo econômico obtém-se da soma entre o custo operacional e o custo alternativo. Segundo Reis (2007), o custo operacional é dividido em custo operacional fixo (CopF), composto pelas depreciações e custo operacional variável (CopV), constituído pelos desembolsos.

O custo operacional total (CopT) é a soma do custo operacional fixo e operacional variável. A finalidade dos custos operacionais na análise é a opção de decisão nos casos em que os custos econômicos não são remunerados pela receita da atividade produtiva.

Quando se divide o custo desejado pela quantidade (q) do produto agrícola produzido, naquele ciclo estudado, encontra-se o custo total médio (CTMe) o qual é importante para se realizarem as análises, em termos unitários, comparando-se com os preços do produto.

Segundo Reis (2007), os resultados das condições de mercado e rendimento da empresa agrícola (ou atividade produtiva) são medidos pelo preço do produto ou pela receita média (RMe). A receita média pode ser considerada

como o preço do produto mais o valor médio das vendas de explorações secundárias (subprodutos).

A análise econômica da atividade em questão por unidade produtiva é obtida comparando-se a receita média ou o preço recebido pelo produto com os custos totais médios. As situações de análises econômicas e operacionais de uma atividade produtiva, segundo Reis (2007), representadas na Figura 1, são:

- ✓ Situação (1): corresponde ao lucro supernormal ( $RMe > CTMe$ ), paga todos os recursos aplicados na atividade econômica e proporciona um lucro adicional, superior ao de alternativas de mercado. A tendência a médio e longo prazo é de expansão e em mercados competitivos, estimula a entrada de novas empresas na atividade.
- ✓ Situação (2): representa o lucro normal ( $RMe = CTMe$ ), paga todos os recursos aplicados na atividade em questão. A remuneração é igual as alternativas (custo de oportunidade) e, por isto, diz-se que o lucro é normal. Este valor seria o que o empresário receberia, se aplicasse os recursos (insumos e serviços) na alternativa considerada; por exemplo, o valor com base na taxa de juros estipulada para o cálculo de rendimento alternativo. A atividade permanece sem expansão, mas também sem retração, e a tendência em curto e longo prazo é de equilíbrio.
- ✓ Situação (3a): corresponde ao resíduo positivo ( $CTMe > RMe > CopTMe$ ), paga todos os recursos aplicados na atividade. A remuneração é menor que a de alternativas (custo de oportunidade) e, neste caso, o empresário estaria diante de uma situação em que há rendimento menor do que o dos juros ou aluguel, ou de outra base de cálculo para o custo alternativo. A tendência é de permanecer na atividade, mas em longo prazo poderia buscar outras melhores alternativas de aplicação do capital.

- ✓ Situação (3b): ocorre quando o resíduo é nulo ( $RMe = CopTMe$ ), paga todos os recursos de produção. Nesta circunstância não há remuneração alternativa, ou seja, a atividade deixa de ganhar o equivalente ao custo alternativo. A tendência é de permanecer na atividade, mas o empresário poderia abandoná-la se os resultados não melhorassem.
- ✓ Situação (3c): representa o resíduo negativo com cobertura de parte do custo operacional fixo ( $CopTMe > RMe > CopVMe$ ), paga os recursos variáveis e parte dos fixos. A tendência do empresário em médio e longo prazo é de retrair e sair da atividade.
- ✓ Situação (3d): ocorre quando o resíduo é negativo sem cobertura dos recursos operacionais fixos ( $RMe = CopVMe$ ), paga somente os recursos operacionais variáveis. A tendência é de sair da atividade.

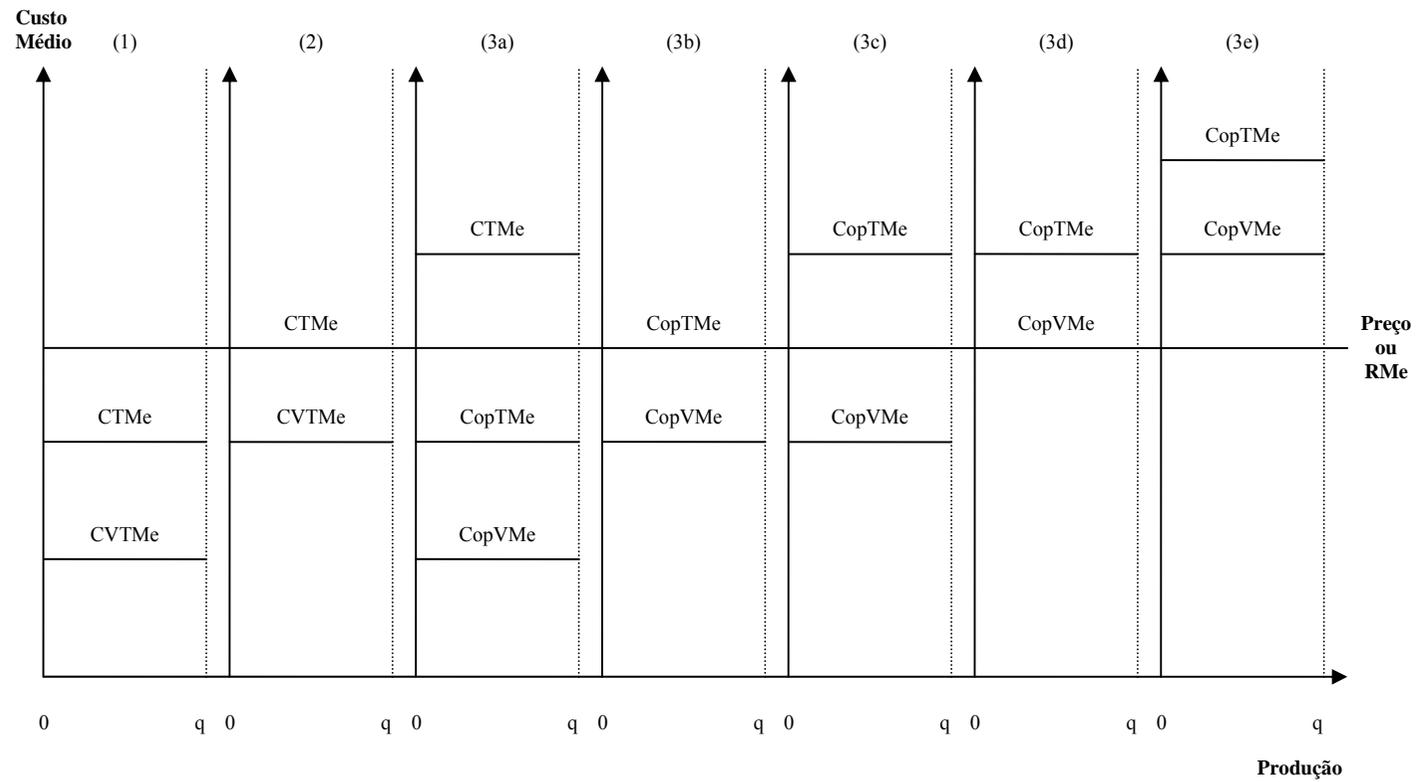


Figura 1 Situações de análises econômicas e operacionais de uma atividade produtiva  
 Fonte: Reis (2007)

- ✓ Situação (3e): representa o resíduo negativo, sem cobrir os recursos operacionais variáveis ou capital de giro ( $RMe < CopVMe$ ), ocorrendo a necessidade de subsidiar a atividade produtiva. A saída da atividade reduz os prejuízos.

Caso a empresa seja capaz de ajustar-se, totalmente, a mudanças de circunstâncias, alterando o tamanho do empreendimento, de forma que não existam fatores fixos, ou seja, todos os fatores produtivos são variáveis, estabelecendo qualquer tamanho da atividade agrícola, trata-se da análise em longo prazo. A empresa, em cada nível de produção, procura aperfeiçoar esta produção com menor custo total, por meio da alocação ótima dos fatores produtivos e ganhos de escala (SILVA, 2002).

## **2.8 Custos da irrigação**

No processo de produção agrícola irrigada, é necessário distinguir agricultura irrigada de irrigação. Os custos, associados à primeira, dizem respeito à produção agrícola, obtida com uso da irrigação, abrangendo todos os elementos necessários à produção agrícola, inclusive, a água suprida por irrigação. Já os custos pertinentes à irrigação decorrem apenas dos fatores e insumos utilizados para suprir a água utilizada na produção agrícola. No caso da irrigação, portanto, tem-se, tipicamente, um problema de cálculo de custos de um insumo (água) a ser empregado na produção de outros bens (MELO, 1993).

Segundo Thompson, Spiess e Krider (1983), os custos anuais de irrigação devem incluir todos os custos associados com a compra do equipamento, operação e manutenção do sistema de irrigação. Adicionalmente ao custo do sistema de irrigação, devem ser acrescentados outros custos associados com a produção da cultura irrigada. Desse modo, o custo anual de um empreendimento de irrigação pode ser determinado conforme os seguintes itens

de custos: custo da água; custo anual de compra ou aluguel do sistema de irrigação; custo com energia para a operação do sistema; custo para reparo, operação e manutenção do sistema, incluindo, a mão de obra; taxas e seguros; outros custos com a agricultura irrigada e custos de produção da empresa agrícola.

A depreciação dos componentes de um sistema de irrigação é baseada na vida útil esperada do equipamento. A variabilidade da vida útil esperada de um componente pode ocorrer em razão das diferenças de condições físicas de operação, do nível de reparo, operação e manutenção praticada e do número total de horas em que o sistema é usado em cada ano (THOMPSON; SPIESS; KRIDER, 1983).

De acordo com Francisco (1981), vários são os métodos utilizados para o cálculo da depreciação, a exemplo: método linear, método da taxa constante, método da taxa variável, método da Cole, método da capitalização e método das anuidades. A escolha de um ou outro método depende do recurso produtivo que se está depreciando, além de outros fatores.

Segundo Brasil (1987), dentre as inúmeras despesas que acarretam a operação de um sistema de irrigação, sobressaem às seguintes: energia, mão de obra, lubrificantes e água. A energia é necessária para acionar os motores da casa de bombas, equipamentos de irrigação e máquinas usadas no deslocamento dos sistemas.

Porém, segundo Scaloppi (1985), tem sido extensivamente, reconhecido que não existe sistema de irrigação ideal, em relação à utilização de energia. A quantidade total de energia, requerida por unidade de área irrigada, depende da quantidade de água aplicada, da energia para fornecer a quantidade de água, requerida na área a ser irrigada (perdas de carga + altura geométrica), da energia hidráulica, requerida pelo sistema de irrigação (pressão de serviço + energia para locomoção) e da eficiência total do sistema de bombeamento. A mão de obra são

as despesas com salários e encargos sociais de todas as pessoas envolvidas na operação do sistema de irrigação, inclusive, fiscais e supervisores, caso existirem. Os custos com lubrificantes são aqueles referentes à utilização de lubrificantes, como por exemplo, óleo do cárter do motor. E o custo da água somente terá importância quando seu fornecimento for cobrado pela administração pública.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Localização e época do experimento**

O experimento foi conduzido em campo aberto, na área experimental do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras (UFLA) “Setor de Engenharia de Água e Solo”, no município de Lavras, que está situado na região sul de Minas Gerais, tendo como referência as seguintes coordenadas geográficas: latitude 21° 14' S, longitude 45° 00' W Gr. e 912 metros de altitude.

O experimento iniciou-se com o preparo do terreno e correção do solo com a aplicação de calcário dolomítico no dia 22/02/2010, seguido da incorporação do corretivo por meio de uma aração e duas gradagens. A adubação de plantio foi realizada em 14/04/2010, seguida da instalação do sistema de irrigação.

O plantio das batatas-semente ocorreu em 21/04/2010, a diferenciação dos tratamentos teve início em 31/05/2010, a colheita e avaliação dos tubérculos iniciaram-se em 17/08/2010 e o término ocorreu no dia 19/08/2010, totalizando um período experimental (considerando o ciclo da cultura) de 120 dias. Uma visão geral da área do experimento encontra-se na Figura 2.

##### **3.1.1 Clima**

De acordo com a classificação climática de Köppen (DANTAS; CARVALHO; FERREIRA, 2007), o clima de Lavras é Cwa, ou seja, clima temperado chuvoso (mesotérmico), com inverno seco e verão chuvoso, subtropical. A temperatura média do mês mais frio é inferior a 18°C e superior a 3°C e o verão apresenta temperatura média do mês mais quente superior a 22°C.

Lavras apresenta temperatura do ar média anual de 19,4°C, umidade relativa do ar média de 76,2% e tem uma precipitação média anual de 1.529,7 mm, bem como uma evaporação média anual de 1.034,3 mm (BRASIL, 1992).



Figura 2 Visão geral do experimento, da cultura da batata irrigada por gotejamento

### 3.2 Solo

O solo, classificado originalmente como um Latossolo Vermelho Distroférico (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA, 1999), foi coletado na camada de 0 a 0,30 m de profundidade. As análises físicas e químicas foram realizadas em uma amostra composta representativa enviada aos Laboratórios de Física e de Fertilidade do Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA, respectivamente.

### 3.2.1 Análises físicas

Na Tabela 1 é representado o resultado das análises físicas e a classificação textural do solo utilizado no experimento.

Tabela 1 Granulometria, classificação textural e massa específica do solo utilizado no experimento

Identificação	Areia	Silte	Argila	Classe textural	Massa específica do solo
	(dag.kg <sup>-1</sup> )				(g.cm <sup>-3</sup> )
Amostra Exp.	14	33	53	Argilosa	0,92

Para a determinação da curva de retenção da água no solo, amostras de solo foram coletadas à profundidade de 0,30 m e levadas ao Laboratório de Física do Solo para análise. Amostras de solo com estrutura deformada (terra fina seca ao ar) foram colocadas em cilindros de PVC e, depois de saturadas, foram levadas para uma bancada dotada de funil de Haines, a fim de determinar pontos de baixa tensão (2, 4, 6 e 10 kPa), bem como para Câmara de Pressão de Richards para os pontos de maior tensão (33, 100, 500 e 1500 kPa). Esse procedimento foi realizado para a caracterização físico-hídrica da camada de 0 a 0,30 m de solo.

Utilizando-se o programa computacional SWRC, desenvolvido por Dourado Neto et al. (1990), foi gerada a equação, ajustada segundo modelo proposto por van Genuchten (1980), que descreve o comportamento da umidade do solo em função da tensão da água no solo (Equação 1). Com base nessa equação e nos valores observados, foi gerada a curva de retenção da água no solo para a camada em estudo (Figura 3).

$$\theta = 0,2170 + \frac{0,304}{\left[1 + (0,2325 \cdot |\Psi|)^{1,7786}\right]^{0,4378}} \quad (1)$$

em que:

$\theta$  – umidade do solo com base em volume ( $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ );

$\Psi$  – tensão da água no solo (kPa).

A tensão de água no solo, equivalente à umidade na capacidade de campo, foi obtida por meio de teste *in loco*, conforme Bernardo, Soares e Mantovani (2005), resultando no valor de 10 kPa. Com essa tensão, obtida para o solo e utilizando-se a Equação 1, foi obtido o valor de umidade na capacidade de campo ( $0,361 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ), correspondente à camada de 0 a 0,30 m de profundidade.

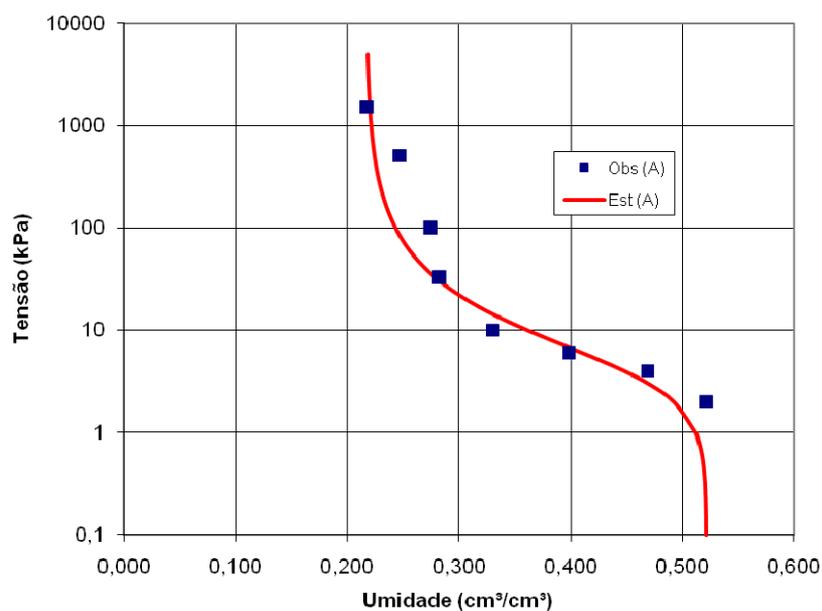


Figura 3 Curva de retenção da água no solo, gerada utilizando-se o modelo proposto por van Genuchten (1980)

### 3.2.2 Análises químicas

Na Tabela 2 são representados os teores de nutrientes encontrados no solo antes da adubação de plantio. Para a obtenção dessas características químicas foi coletada uma amostra composta de solo no local do experimento, correspondente à camada de 0 a 0,30 m de profundidade.

Tabela 2 Resultados da análise química do solo utilizado no experimento

Sigla	Descrição	Unidade	Identificação
			Amostra Exp. <sup>1</sup>
pH	Em água (1:2,5)	-	5,9 (AM)
P	Fósforo disp. (Mehlich 1)	mg.dm <sup>-3</sup>	1,2 (MB)
K	Potássio disponível	mg.dm <sup>-3</sup>	56,0 (M)
Ca <sup>2+</sup>	Cálcio trocável	cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	1,7 (M)
Mg <sup>2+</sup>	Magnésio trocável	cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	0,4 (B)
S	Enxofre disponível	mg.dm <sup>-3</sup>	22,7 (mb)
Al <sup>3+</sup>	Acidez trocável	cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	0,0 (MB)
H+Al	Acidez potencial	cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	2,6 (M)
SB	Soma de bases	cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	2,2 (M)
(t)	CTC efetiva	cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	2,2 (B)
(T)	CTC a pH 7,0	cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	4,8 (M)
V	Saturação por bases	%	46,3 (M)
m	Saturação por alumínio	%	0,0 (MB)
MO	Matéria orgânica	dag.kg <sup>-1</sup>	2,1 (M)
P-rem	Fósforo remanescente	mg.L <sup>-1</sup>	5,6 (M)
Zn	Zinco disponível	mg.dm <sup>-3</sup>	9,8 (A)
Fe	Ferro disponível	mg.dm <sup>-3</sup>	52,0 (A)
Mn	Manganês disponível	mg.dm <sup>-3</sup>	43,1 (A)
Cu	Cobre disponível	mg.dm <sup>-3</sup>	7,3 (A)
B	Boro disponível	mg.dm <sup>-3</sup>	0,2 (B)

<sup>1</sup>AM – acidez média; b – bom; mb – muito bom; A – alto; M – médio; B – baixo; MB – muito baixo

Fonte: (ALVAREZ V. et al. (1999))

### 3.2.3 Preparo do solo

A calagem foi realizada 55 dias antes do plantio das batatas-semente, aplicando-se  $1,0 \text{ t ha}^{-1}$  de calcário dolomítico com 95% de PRNT (14% de MgO), com base nos resultados da análise química do solo e para fins de correção da acidez e também elevação da saturação por bases (V) do solo para 70%. Quanto ao preparo do solo, para o plantio dos tubérculos, foram realizadas uma aração e duas gradagens para destorroamento do terreno, depois de feita a calagem, visando à incorporação do calcário ao solo. Em seguida, foi realizado o preparo da área com enxada rotativa.

### 3.3 Delineamento experimental e tratamentos

Foi empregado o delineamento em blocos casualizados (DBC), sendo utilizados cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos constituíram-se de cinco tensões da água no solo, 15, 35, 55, 75 e 95 kPa como indicativo do momento de irrigar (tensão crítica).

Para monitorar o estado de energia da água no solo foi instalado um conjunto com cinco tensiômetros por parcela (três a 0,15 m de profundidade para monitoramento da irrigação e dois a 0,30 m de profundidade para verificar a ocorrência de percolação), nos tratamentos correspondentes a tensões de 15, 35 e 55 kPa. Nos tratamentos de 75 e 95 kPa foi instalado um conjunto composto por sensores de matriz granular fabricados pela *Irrrometer Company, Inc.* (Granular Matrix Sensor, GMS, *Watermark*<sup>®</sup> modelo 200SS), contendo cinco sensores por parcela (três a 0,15 m e dois a 0,30 m de profundidade), posicionados no alinhamento da cultura entre duas plantas equidistantes 0,30 m em cada conjunto.

Foram instalados termômetros de solo nas duas profundidades em estudo, para a obtenção dos valores de temperatura do solo, utilizados para

calibração do equipamento portátil de leitura digital de umidade do solo (Modelo 30 KTCD, Irrrometer Co., Riverside, Califórnia, Estados Unidos).

Para cada tratamento, os conjuntos de tensiômetros ou de sensores GMS, foram instalados somente em duas das quatro repetições. Para efetuar as leituras nos tensiômetros e sensores GMS, utilizaram-se um tensiometro digital de punção e um leitor digital portátil de umidade do solo, respectivamente, conforme modelo descrito anteriormente. As leituras eram realizadas duas vezes ao dia, as 9 e às 15 horas.

As parcelas experimentais tiveram dimensões de 3,00 m de largura por 2,40 m de comprimento (7,20 m<sup>2</sup>). Foram utilizadas quatro linhas de plantas, espaçadas de 0,75 m entre si e 0,30 m entre plantas, totalizando 32 plantas por parcela. Foram consideradas úteis as plantas das linhas centrais e descartadas, nestas linhas, uma planta no início e uma no final (parcela útil de 2,70 m<sup>2</sup>, contendo 12 plantas).

Na Figura 4, podemos observar a representação gráfica dos detalhes de uma parcela experimental, incluindo a disposição dos sensores de tensão da água no solo.

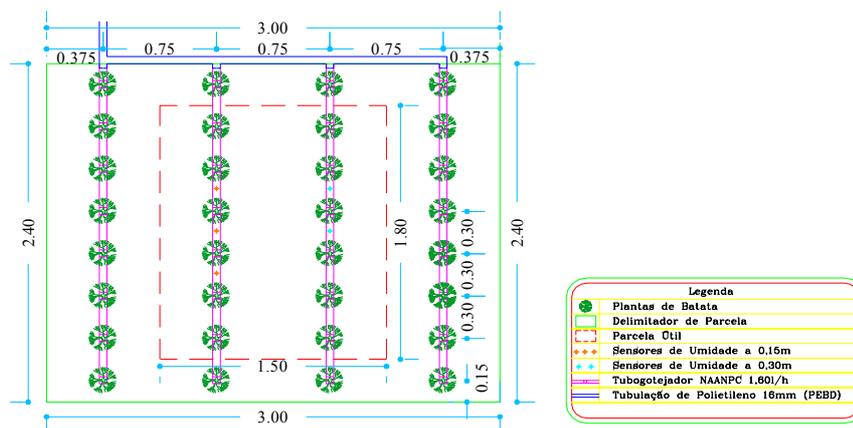


Figura 4 Esquema de uma parcela experimental com o sistema de irrigação implantado e os sensores de umidade de água no solo

### 3.4 Sistema e manejo da irrigação

Para a aplicação dos tratamentos, utilizou-se um sistema de irrigação por gotejamento. Os emissores autocompensantes utilizados foram do tipo *in-line*, ou seja, emissores inseridos no tubo, durante o processo de extrusão, modelo NAAN PC com vazão nominal de  $1,6 \text{ L h}^{-1}$  e distanciados entre si a 0,30 m.

Os tubos gotejadores (DN 16 mm) ficaram posicionados na parcela, de forma a atender uma linha de gotejadores para cada fileira de planta, trabalhando com pressão de serviço de 140 kPa, regulada por meio de uma válvula reguladora de pressão (marca Senninger Irrigation Inc<sup>®</sup>. 20 PSI), inserida no cabeçal de controle, antes das válvulas de comando elétrico (solenóides).

As linhas laterais foram conectadas às linhas de derivação de polietileno (PEBD DN 16 mm) as quais, por sua vez, foram conectadas às linhas principais (PVC DN 35 mm; PN 40) que tinham, no seu início, válvulas de comando elétrico (solenóides) localizadas na saída do cabeçal de controle. Foi utilizada uma válvula solenóide para cada tratamento; tais válvulas eram acionadas por meio de um Controlador Lógico Programável (ESP LX modular da Rain Bird<sup>®</sup>), previamente programado, em cada irrigação, para funcionar o tempo necessário visando repor a lâmina d'água acusada indiretamente pelos sensores de umidade do solo.

Buscava-se, em todas as irrigações, elevar a capacidade de campo, a umidade correspondente à tensão verificada no momento de irrigar (aplicação dos tratamentos). O cálculo do tempo de funcionamento do sistema de irrigação em cada tratamento foi feito com base nos valores das leituras dos tensiômetros e dos sensores de matriz granular (sensor GMS), instalados na profundidade de 0,15 m. Estes funcionavam como sensores de decisão, ou seja, de posse dos valores de suas respectivas leituras eram tomadas as decisões para irrigar ou não os tratamentos. Já os tensiômetros e sensores GMS, instalados a 0,30 m de

profundidade, funcionavam como sensores de controle da lâmina aplicada em cada tratamento.

De posse dessas leituras, era possível estabelecer uma relação direta entre a lâmina aplicada e os valores de tensão observados, evitando-se, assim, o excesso no fornecimento de água e, conseqüentemente, percolação e lixiviação de nutrientes no perfil do solo.

O momento de irrigar foi estabelecido como aquele em que pelo menos quatro dos seis tensiômetros ou sensores GMS de decisão atingiam a tensão crítica estabelecida para cada tratamento. As leituras dos sensores eram fornecidas em “bar” pelo tensímetro digital de punção e em “cbar” pelo registrador portátil de leitura de umidade do solo (Modelo 30 KTCD, Irrrometer<sup>®</sup>), e em seguida, foram transformadas para “kPa”, sendo as leituras do tensímetro digital, aplicadas na Equação 2, para determinação da tensão da água no solo, corrigida para a profundidade desejada.

$$\Psi = L - 0,098.h \quad (2)$$

em que:

$\Psi$  – tensão da água no solo (kPa);

L – leitura no tensímetro transformada em kPa (sinal positivo);

h – comprimento do tensiômetro (cm)\*.

\* 38,0 e 48,0 cm para as profundidades de instalação de 0,15 e 0,30 m, respectivamente.

Com as tensões observadas, estimavam-se o valor de umidade do solo correspondente, por intermédio da curva de retenção de água no solo (Equação 1). De posse do valor de umidade e com o valor correspondente à capacidade de campo e, ainda, considerando a profundidade efetiva do sistema radicular (300 mm), eram calculadas as lâminas de reposição (Equação 3 e 4) e, finalmente, o

tempo de funcionamento do sistema de irrigação (Equação 6), de acordo com Cabello (1996).

$$LL = (\theta_{cc} - \theta_{atual}) \cdot Z \quad (3)$$

em que:

LL – lâmina líquida de irrigação (mm);

$\theta_{cc}$  – umidade do solo na capacidade de campo ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ );

$\theta_{atual}$  – umidade do solo no momento de irrigar ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ );

Z – profundidade efetiva do sistema radicular (300 mm).

$$LB = \frac{LL}{(1 - k) \cdot CUD} \quad (4)$$

em que:

LB – lâmina bruta de irrigação (mm);

CUD – coeficiente de uniformidade de distribuição de água do sistema de irrigação (0,98);

k – constante que leva em conta a eficiência de aplicação de água do sistema de irrigação. Foi determinada de acordo com a Equação 5, descrita a seguir:

$$k = 1 - Ea \quad (5)$$

em que:

Ea – eficiência de aplicação de água do sistema de irrigação (0,95).

$$T = \frac{LB \cdot A}{e \cdot qa} \quad (6)$$

em que:

T – tempo de funcionamento do sistema de irrigação em cada tratamento, visando elevar a umidade à capacidade de campo (h);

A – área ocupada por planta (0,225 m<sup>2</sup>);

e – número de emissores por planta (1);

q<sub>a</sub> – vazão média dos emissores (1,73L h<sup>-1</sup>).

Após a montagem do sistema, foram realizados testes para determinar a vazão média dos gotejadores e os seus respectivos valores de coeficiente de uniformidade de distribuição de água (CUD) do sistema de irrigação.

Para isso, foi adaptado o procedimento recomendado por Merriam e Keller (1978 citado por CABELLO, 1996), em que se escolhe uma subunidade e nela se selecionam quatro laterais: a primeira, a situada a 1/3 do início, a situada a 2/3 e a última. Em cada lateral, selecionaram-se quatro emissores: o primeiro, o situado a 1/3, o situado a 2/3 e o último. Foram coletadas vazões desses emissores e, de acordo com a Equação 7, foi calculado o coeficiente de uniformidade de distribuição.

No caso do sistema de irrigação em questão, os tratamentos representavam as subunidades. Cada tratamento, incluindo as repetições, possuía dezesseis linhas laterais. Entretanto, foram usadas apenas oito laterais de cada tratamento e utilizados todos os emissores de cada lateral no teste.

$$CUD = \frac{q_{25}}{q_a} \quad (7)$$

em que:

q<sub>25</sub> – média das 25% menores vazões coletadas (L h<sup>-1</sup>);

q<sub>a</sub> – média das vazões coletadas (L h<sup>-1</sup>).

Além do coeficiente de uniformidade, foi determinado, também, o coeficiente de variação total (CVt) de vazão, conforme metodologia apresentada

por Bralts e Kesner (1978 citado por CABELLO, 1996). O coeficiente de variação total é a relação entre o desvio padrão das vazões e a vazão média, e indica como está a uniformidade da vazão na subunidade estudada.

Cabello (1996) apresenta uma tabela, classificando a uniformidade, de acordo com o valor do CVt. Segundo essa tabela, o CVt estando acima de 0,4, a uniformidade é inaceitável, de 0,4 a 0,3 é baixa, de 0,3 a 0,2 é aceitável, de 0,2 a 0,1 é muito boa e de 0,1 a 0 é excelente.

### **3.5 Cultivar empregada**

Foi utilizada no experimento a cultivar de batata Ágata, geração F1 importada da Holanda de calibre 35/55. As batatas-semente foram adquiridas junto a ABASMIG (Associação dos Bataticultores do Sul de Minas Gerais) por intermédio do engenheiro agrônomo, Dr. Joaquim Gonçalves de Pádua, pesquisador da EPAMIG (Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais), Polo Regional Batata e Morango, localizado no município de Pouso Alegre - MG. As batatas-semente foram adquiridas prontas para o plantio (brotadas) não havendo necessidade de serem efetuados procedimentos para quebra de dormência.

### **3.6 Instalação e condução do experimento**

Após o plantio dos tubérculos, a irrigação foi realizada por sistema de microaspersão com o tape SANTENO<sup>®</sup>, composto por uma mangueira de polietileno linear de baixa densidade, com micro furos distanciados de 0,15 m com diâmetro de 0,3 mm perfurados a raio *laser*, funcionando com pressão máxima de 80 kPa. Após ensaio realizado em campo, o tape SANTENO<sup>®</sup> apresentou uma intensidade de precipitação de 8,57 mm h<sup>-1</sup>.

Este sistema foi usado até o vigésimo primeiro dia após o plantio dos tubérculos (DAP), ou seja, durante todo o estágio I e início do estágio II de desenvolvimento da batateira, período este necessário para a total emergência das hastes no campo (FILGUEIRA, 2003).

Após este período e estendendo-se até o início da diferenciação dos tratamentos, que ocorreu aos quarenta dias após o plantio dos tubérculos, a cultura foi irrigada por sistema de gotejamento, procurando-se manter o teor de umidade no solo próximo a “capacidade de campo”. Após a diferenciação dos tratamentos aos 40 dias (DAP) a cultura recebia irrigação apenas quando a tensão crítica em cada tratamento era atingida.

As irrigações foram suspensas vinte e dois dias antes da colheita, durante a fase de senescência da cultura, visando facilitar a completa secagem das ramas e acelerar a maturação dos tubérculos. O total das lâminas aplicadas durante a fase inicial do experimento até a diferenciação dos tratamentos pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3 Lâminas aplicadas pelos sistemas de gotejamento e santeno<sup>®</sup>, precipitações (Precip.), turno de rega (TR) e número de irrigações (NI) ocorridas durante o cultivo da batata desde o plantio até o início da diferenciação dos tratamentos

Data	Lâmina (mm)					
	Santeno <sup>®</sup>	Gotejamento	Precip.	Total	TR	NI
21/04 a 12/05/2010	48,13	-----	6,90	55,03	2,0	11
13/05 a 31/05/2010	-----	92,30	4,70	97,00	1,6	12
Total	48,13	92,30	11,60	152,03	1,7	23

### **3.7 Práticas culturais**

Para a obtenção de resultados satisfatórios no cultivo da batateira é fundamental a adoção do acompanhamento sistemático da cultura, visando à adoção dos procedimentos culturais, nas ocasiões corretas. Durante o cultivo da batateira diversas praticas culturais foram implementadas conforme descrito abaixo.

#### **3.7.1 Adubação**

A adubação de plantio foi realizada, com base nas análises de solo (Tabelas 1 e 2) e, conforme as recomendações de Dimenstein (2004). Já a adubação de cobertura foi realizada via fertirrigação, em varias aplicações, de acordo com as recomendações de (FERNANDES; SORATTO, 2010).

As fertirrigações foram realizadas por meio de uma bomba de injeção de fertilizante, bomba dosificadora hidráulica de pressão positiva modelo TMB WP – 10 com capacidade máxima de injeção de 60 L.h<sup>-1</sup>, buscando adequar a quantidade de nutrientes fornecidos, de forma equilibrada e balanceada, de acordo com as necessidades nutricionais da cultura nos vários estádios do ciclo de desenvolvimento da mesma.

Nos tratamentos com valores de tensão de água no solo mais elevado, a quantidade de fertirrigações realizadas foi bem menor em comparação aos tratamentos com valores de tensão mais baixos. Este fato deve-se ao número de vezes que esses tratamentos foram irrigados serem bem menores, pois a fertirrigação somente poderia ser realizada quando a leitura do sensor acusasse a tensão desejada daquele tratamento (tensão critica). Sendo assim, sempre que se irrigava algum tratamento com valor de tensão de água no solo mais elevado, também se aproveitava para realizar a fertirrigação do mesmo.

Também foram realizadas fertirrigações nos dias que ocorreram precipitações significativas. Ao final do ciclo da cultura as quantidades totais de nutrientes fornecidos para as plantas foram iguais para todos os tratamentos.

O total de macronutrientes fornecidos para a cultura, ou seja, a soma da adubação de plantio com a de cobertura totalizou a quantidade em kg ha<sup>-1</sup> de: 300 de N; 917 de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 542 de K<sub>2</sub>O; 90 de Ca. O total de micronutrientes fornecidos junto com a adubação de plantio foi de: 1,7 kg ha<sup>-1</sup> de boro e 2,0 kg ha<sup>-1</sup> de zinco.

Com o objetivo de prevenir sintomas de deficiências nutricionais que poderiam vir a aparecer durante o desenvolvimento da cultura, foram feitas aplicações quinzenais do fertilizante foliar Nitrofoska A<sup>®</sup> que contém em sua formulação: 10% de N; 4% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 7% de K<sub>2</sub>O; 0,02% de B; 0,05% de Cu; 0,02% de Mn.

Como fontes de nutrientes para a adubação de plantio foram utilizados os seguintes fertilizantes: Uréia (45% de NH<sub>2</sub>), Cloreto de potássio (60 % de K<sub>2</sub>O), Superfosfato simples (18% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 18% de Ca e 12% de S), Ácido bórico (17% de B) e Sulfato de zinco (20% de Zn) e para a adubação de cobertura os seguintes fertilizantes foram utilizados: Nitrato de potássio (13% de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e 44% de K<sub>2</sub>O), Nitrato de cálcio (14% de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 19% de Ca e 1,5% de Mg) e Uréia (45% de NH<sub>2</sub>).

### **3.7.2 Controle de plantas daninhas e operação de amontoa**

A operação de amontoa, juntamente com a capina foi realizada aos 35 dias após o plantio (DAP), não sendo efetuada concomitante com a adubação de cobertura, pois a mesma foi realizada por meio da fertirrigação, conforme descrito anteriormente. Estas operações foram realizadas manualmente com o auxílio de uma enchada.

### 3.7.3 Controle fitossanitário

Com base em avaliações visuais e mudanças climáticas, foram realizadas inspeções diárias a fim de se detectar a presença de pragas e a ocorrência de doenças durante o ciclo da cultura. O controle de doenças e pragas foi realizado com pulverizações preventivas na medida em que se detectava os sintomas iniciais decorrente da presença do patógeno ou a presença do inseto praga com uma população acima do nível de dano econômico, população esta, que justificasse a aplicação de inseticidas. Foram realizadas dez aplicações de defensivos agrícolas durante todo o ciclo da cultura, como mostra a Tabela 4.

Tabela 4 Cronograma de pulverizações: épocas de aplicação, defensivos agrícolas utilizados, princípios ativos e dosagens aplicadas

DAP <sup>1</sup>	Nome Comercial	Categoria	Princípio Ativo	Dose
1	Cercobin 700WP	Fungicida	Tiofanato Metílico	3,0 kg ha <sup>-1</sup>
1	Actara	Inseticida	Tiametoxam	1,2 kg ha <sup>-1</sup>
19	Stron	Inseticida	Methamidophos	1,0 L ha <sup>-1</sup>
19	Curzate	Fungicida	Cymoxanil	1,0 kg ha <sup>-1</sup>
35	Cuprocarb 500	Fungicida	Oxicloreto de Cobre	2,5 kg ha <sup>-1</sup>
35	Lannate Br	Inseticida	Metomil	1,0 L ha <sup>-1</sup>
41	Bravonil 500	Fungicida	Chlorothalonil	3,0 L ha <sup>-1</sup>
41	Vertimec 18 CE	Inseticida	Abamectina	1,0 L ha <sup>-1</sup>
50	Dithane	Fungicida	Mancozeb	3,0 kg ha <sup>-1</sup>
50	Stron	Inseticida	Methamidophos	1,0 L ha <sup>-1</sup>

<sup>1</sup>DAP – Dias após o plantio

### 3.8 Variáveis meteorológicas

Visando monitorar e caracterizar as condições meteorológicas, durante o experimento, foi instalado, ao lado da área experimental, uma estação agrometeorológica automática portátil (marca DAVIS® – modelo VANTAGE PRO 2), que monitorava e registrava diariamente a temperatura do ar, a umidade

relativa do ar e os valores de precipitação ocorridos durante todo o ciclo da cultura.

### **3.9 Características avaliadas**

A colheita das parcelas experimentais foram iniciadas em 17/08/2010 aos 118 (DAP) e o seu término ocorreu em 19/08/2010 que correspondeu a 120 dias após o plantio (DAP).

Os tubérculos foram retirados da terra manualmente, utilizando-se enchada de lamina estreita encabada em ângulo reto, para favorecer a ação de desenterrar os tubérculos e evitar danos mecânicos, conforme descrito por Filgueira (1999).

#### **3.9.1 Classificação dos tubérculos**

A classificação de tubérculos foi realizada, conforme o modelo adotado pelo mercado na região sul de Minas Gerais, onde os tubérculos sem defeitos são classificados de acordo com o maior diâmetro transversal em comerciais  $\geq 45$  mm e não comerciais  $< 45$  mm, utilizando-se peneiras classificatórias vibratórias automáticas ou por processo manual.

No caso do material classificado neste experimento, utilizou-se de um jogo de peneiras especialmente confeccionadas para classificação dos tubérculos por processo manual.

Embora exista uma norma aprovada pelo Ministério da Agricultura e Pecuária, “Portaria nº 69 de 21 de fevereiro de 1995”, que define os critérios de classificação, qualidade, embalagem e apresentação do produto para fins de comercialização, esta não é praticada pelo mercado, provavelmente pela falta de medidas ou ações dos órgãos oficiais responsáveis pela regulamentação e

fiscalização do setor batateiro no Brasil. Cada região produtora adota um modelo de classificação, tornando a implantação e uso de uma norma nacional muito difícil (BRASIL, 1995).

Atualmente as normas para a classificação da batata estão sendo bastante discutidas em comitês e câmaras setoriais ligadas a bataticultura, sendo bem provável que futuramente deva ocorrer mudanças em relação a critérios de classificação e comercialização.

### **3.9.2 Avaliação da produção**

Após a retirada dos tubérculos da terra, foi feita a eliminação do excesso de terra e torrões, procedendo-se a seguir à avaliação das seguintes características: massa fresca total de tubérculos por planta (g), número de tubérculos por planta (un.), massa fresca média de tubérculo por planta (g), produtividade total de tubérculos ( $t\ ha^{-1}$ ), massa fresca de tubérculos comerciais por planta (g), produtividade de tubérculos comerciais ( $t\ ha^{-1}$ ), número de tubérculos comerciais por planta (un.), peso específico ou densidade relativa dos tubérculos ( $g\ g^{-1}$ ), teor de matéria seca dos tubérculos (%) e eficiência no uso da água ( $kg\ ha^{-1}\ mm^{-1}$ ), conforme descritas abaixo.

#### **3.9.2.1 Massa fresca total de tubérculos por planta (g)**

Após proceder-se a colheita das 12 plantas contidas nas linhas centrais de cada parcela (parcela útil), em todos os tratamentos do experimento, retirados o excesso de solo aderido, os tubérculos foram acondicionados em redinhas e estas identificadas. Os tubérculos de cada planta útil foram pesados em balança digital com precisão de 1 g e o valor médio por planta foi expresso em gramas.

### **3.9.2.2 Número de tubérculos por planta (un.)**

Os tubérculos de cada planta útil foram contados e os seus valores anotados e os resultados foram expressos em unidades por planta.

### **3.9.2.3 Massa fresca média de tubérculo por planta (g)**

Os tubérculos de cada planta útil foram pesados em balança digital com precisão de 1 g e os resultados foram expressos em gramas, posteriormente, efetuou-se a divisão da massa fresca total de tubérculos de cada planta útil identificada da parcela, pelo número de tubérculos por planta identificada também de cada parcela.

### **3.9.2.4 Produtividade total de tubérculos ( $t\ ha^{-1}$ )**

Considerando o espaçamento entre linhas e plantas, estimou-se a população de plantas por hectare, sendo o valor encontrado de 44.444 plantas. De posse dos valores de massa fresca total de tubérculos por planta, estimou-se a produtividade total de tubérculos expressa em toneladas por hectare.

### **3.9.2.5 Massa fresca total de tubérculos comerciais por planta (g)**

Os tubérculos de cada planta útil identificada foram peneirados manualmente por meio de um jogo de peneiras especialmente confeccionadas para a classificação dos tubérculos, após serem classificados pelo diâmetro transversal, os tubérculos que apresentaram diâmetro igual ou superior a 45 mm foram separados e pesados em balança digital com precisão de 1 g e os resultados foram expressos em gramas.

### 3.9.2.6 Produtividade de tubérculos comerciais (t ha<sup>-1</sup>)

Considerando o espaçamento entre linhas e plantas, estimou-se a população de plantas por hectare, sendo o valor encontrado de 44.444 plantas. De posse dos valores de Massa fresca de tubérculos comerciais, estimou-se a produtividade total de tubérculos comerciais expressa em toneladas por hectare.

### 3.9.2.7 Número de tubérculos comerciais por planta (un.)

Após serem classificados pelo diâmetro transversal, os tubérculos que apresentaram diâmetro igual ou superior a 45 mm foram separados e contados e os seus resultados foram expressos em unidades por planta.

### 3.9.2.8 Peso específico ou densidade relativa dos tubérculos (g g<sup>-1</sup>)

Os tubérculos de cada planta útil foram lavados e secos à sombra, posteriormente foram pesados ao ar livre e em água destilada, com o uso de uma balança hidrostática de precisão digital, com capacidade para 10 kg e com precisão de 1 g. A densidade relativa foi determinada pelo quociente entre a massa no ar, e a diferença obtida entre a massa no ar e a massa na água, conforme a equação 8, descrita por Granja (1995). Os resultados foram expressos em gramas por gramas.

$$PE = Y/(Y - X) \quad (8)$$

Em que:

PE – Peso específico ou densidade relativa (g g<sup>-1</sup>);

Y – Massa no ar (g);

X – Massa na água (g).

### **3.9.2.9 Teor de massa seca dos tubérculos (%)**

Foi calculado de forma indireta utilizando-se os resultados obtidos de peso específico de tubérculos, que foi transformado em matéria seca pela equação 9, obtida por Schippers (1976).

$$MS = (221,2 * PE) - 217 \quad (9)$$

Em que:

MS – Teor de massa seca (%);

PE – Peso específico ( $\text{g g}^{-1}$ ).

### **3.9.2.10 Eficiência no uso da água (EUA)**

Foi determinada por meio da relação entre os valores de produtividade total de tubérculos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e a respectiva quantidade de água consumida (mm), em cada tratamento, durante o período de cultivo da cultura no campo. Os resultados foram expressos em  $\text{kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$ .

## **3.10 Análises estatísticas**

Os dados amostrados foram submetidos à análise de variância com a realização do teste F e análise de regressão polinomial (GOMES, 2000). As análises foram efetuadas utilizando-se o programa computacional Sisvar para Windows, versão 4.0 para análises estatísticas (FERREIRA, 2000).

### 3.11 Custos de produção

Utilizou-se, para a estimativa dos custos de produção, conceituado como a soma de valores de todos os recursos (insumos) e operações (serviços) utilizados no processo produtivo de certa atividade, incluindo os respectivos custos alternativos ou de oportunidade, o procedimento que considera o cálculo da depreciação e do custo alternativo (REIS, 2007).

Para estimar o custo de produção, neste trabalho, foram utilizados valores aproximados em reais (R\$), com base nas seguintes informações: área cultivada com batata de 1 ha, período de uma safra e considerando os valores de custos fixos e dos custos variáveis.

O custo necessário, para substituir os bens de capital, quando tornados inúteis, seja pelo desgaste físico ou econômico, é definido como a depreciação.

O método utilizado foi o linear, considerando-se o prazo de 120 dias (0,30 anos), referente ao ciclo médio de produção (período de cultivo da cultura no campo), cultivar Ágata, podendo ser mensurado pela Equação 10.

$$D = \left( \frac{V_a - V_r}{V_u} \right) \cdot P \quad (10)$$

em que:

D – depreciação (R\$);

V<sub>a</sub> – valor atual do recurso (R\$);

V<sub>r</sub> – valor residual (valor de revenda ou valor final do bem, após ser utilizado de forma racional na atividade) (R\$);

V<sub>u</sub> – vida útil (período em que determinado bem é utilizado na atividade) (anos);

P – período de análise (anos), equivalente ao ciclo da cultura.

Para efeito da análise do custo alternativo fixo dos recursos produtivos alocados no cultivo da batata, considerou-se a taxa de juros real, para os aplicadores da caderneta de poupança, de 6% ao ano.

Para o seu cálculo utilizou-se a Equação (11):

$$CA_{\text{fixo}} = \left( \frac{Vu - I}{Vu} \right) \cdot Va \cdot Tj \cdot P \quad (11)$$

em que:

$CA_{\text{fixo}}$  – custo alternativo fixo (R\$);

I – idade média de uso do bem (anos);

Tj – taxa de juros (decimal).

Buscando simplificar o cálculo do  $CA_{\text{fixo}}$ , considerou-se a idade média de uso dos recursos fixos como 50% da vida útil (Vu), que resulta na metade do valor atual do recurso (Va), multiplicado pela taxa de juros (Tj) e pelo período de análise (P), conforme a Equação (12):

$$CA_{\text{fixo}} = \frac{Va}{2} \cdot Tj \cdot P \quad (12)$$

Para o cálculo do custo alternativo variável, considerou-se a taxa de juros real de 6% ao ano. e utilizada a Equação (13):

$$CA_{\text{var}} = \frac{V_{\text{gasto}}}{2} \cdot Tj \quad (13)$$

em que:

$CA_{\text{var}}$  – custo alternativo variável (R\$);

$V_{\text{gasto}}$  – desembolso financeiro realizado pelo produtor, para adquirir insumos e serviços necessários para a produção agrícola (R\$).

### 3.11.1 Custo fixo

Para o cálculo, de cada recurso fixo foram somados à depreciação o custo alternativo do fator produtivo. Os itens considerados nos custos fixos e o procedimento de operacionalização foram:

a) Terra: não se deprecia, uma vez que, parte da hipótese de que o agricultor adota um manejo de solo adequado, repõe à terra todos os elementos químicos extraídos pelas plantas, por meio de adubações e práticas conservacionistas, que contribui para a manutenção de suas características originais. O valor considerado foi o custo alternativo, baseado no aluguel da terra explorada. O valor do aluguel foi de R\$ 166,67 para um hectare e para o período de um mês, conforme citado nos índices de preços agrícolas do Departamento de Administração e Economia da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

b) Calagem: o gasto com calagem neste trabalho foi de R\$ 197,90  $\text{ha}^{-1}$  a cada 2 anos.

c) Imposto Territorial Rural (ITR): este recurso não é alterado em curto prazo, pois, seu valor é constante no ano, independente da produção. O valor considerado foi de R\$ 0,11 para um hectare e por um ano, conforme citado nos índices de preços agrícolas do Departamento de Administração e Economia da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

d) Sistema de irrigação: o custo de um sistema de irrigação é muito variável, pois, depende das condições do local e dos equipamentos utilizados. Neste trabalho o investimento para irrigar um hectare pelo sistema de gotejamento foi de R\$ 25000,00, considerando-se um projeto com as seguintes características: conjunto motobomba de 5 cv, chave de partida direta com

contador e relé, controlador lógico programável, injetor de fertilizantes de pressão positiva, válvulas de ar e vácuo, válvulas de comando elétrico (solenoides), válvulas de alívio, adutora de aço zincado de 100 m até o cabeçal de controle, tubulação de PVC do cabeçal até os setores, tubo gotejador autocompensante modelo NAAN PC com vazão nominal de  $1,6 \text{ L h}^{-1}$  e DN 16 mm (emissores distanciados entre si a 0,30 m), 2 filtros de disco e desnível do terreno de 40 m. A vida útil considerada para o cálculo da depreciação foi de 15 anos.

e) Custo alternativo: o cálculo do custo alternativo, para os custos fixos e os custos variáveis foi estimado visando à taxa de juros real de 6% ao ano (a.a.), taxa essa para os investidores da caderneta de poupança.

### **3.11.2 Custo variável**

O desembolso realizado para a aquisição de produtos e serviços, somado ao custo alternativo, serviu como base de cálculo para o custo de cada recurso variável. Os recursos variáveis e a forma de operacionalização utilizada foram:

a) Insumos: corresponde ao gasto com a aquisição de fertilizante químicos, defensivos (fungicidas, inseticidas, herbicidas e espalhante adesivo). O valor unitário considerado foi aquele citado nos índices de preços agrícolas do Departamento de Administração e Economia da Universidade Federal de Lavras (UFLA),

b) Mão de obra: os custos com mão de obra referem-se à operação do sistema de irrigação, implantação da cultura (preparo do terreno, adubação de plantio e plantio das batatas-semente), condução (adubações de cobertura (fertirrigação) e aplicação de defensivos), colheita (arranquio e recolhimento), limpeza, classificação, ensacamento e transporte dentro da propriedade. O valor unitário considerado foi aquele citado nos índices de preços agrícolas do Departamento de Administração e Economia da Universidade Federal de Lavras

(UFLA), e as quantidades usadas de cada serviço foram adotadas segundo Anuário da Agricultura Brasileira – Agriannual (2010) e Deleo (2010).

c) Operações mecânicas: foram computados os gastos com máquinas e implementos utilizados na preparação do terreno (aração e gradagem) e no transporte dentro da propriedade. O valor unitário considerado foi aquele citado nos índices de preços agrícolas do Departamento de Administração e Economia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), e as quantidades utilizadas de cada recurso foram adotadas segundo Agriannual (2010) e Deleo (2010).

d) Despesas com administração: foram considerados os gastos com mão de obra administrativa, assistência técnica e impostos (2,3% da receita total), cujos valores unitários e quantidades usadas foram adotados conforme descrito em Agriannual (2010) e Deleo (2010).

e) Comercialização e beneficiamento: referem-se aos gastos com sacarias para o acondicionamento, transporte e também os custos com o beneficiamento dos tubérculos de batata, realizado normalmente por pessoal terceirizado, sendo seus valores obtidos em função das produtividades alcançadas em cada tratamento e conforme descrito pelo Agriannual (2010) e Deleo (2010).

f) Energia: o custo com energia foi calculado, conforme a equação 14, sugerida por Mendonça (2001):

$$CE = V_{\text{kWh}} \cdot T \cdot \frac{736 \cdot \text{Pot}}{1000 \cdot \eta} \quad (14)$$

em que:

CE – custo com energia (R\$);

$V_{\text{kWh}}$  – valor do kWh (R\$);

T – tempo total de funcionamento do sistema de irrigação (h), variável para cada tratamento;

Pot – potência do conjunto motobomba (cv);

$\eta$  – rendimento do conjunto motobomba (decimal).

O valor do kWh utilizado foi de R\$ 0,28, conforme sugerido pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG).

g) Custo alternativo: para o cálculo do custo alternativo, para cada item dos recursos variáveis, utilizados no processo produtivo da batata, foi considerada a taxa de juros real de 6% ao ano.

### **3.12 Análise econômica simplificada**

O estudo econômico permite identificar se o empreendimento está operando com lucro, ou seja, como os recursos empregados no processo produtivo estão sendo remunerados, além de verificar como está a rentabilidade da atividade em questão, comparada a alternativas de emprego do tempo e capital, ou seja, o custo alternativo ou de oportunidade.

Ao se fazer a análise da atividade produtiva, pode-se encontrar diversas condições, dependendo da posição do preço (ou receita média), em relação aos custos e cada qual sugerindo uma particular interpretação (Figura 1). Para a realização desta análise foram consideradas as situações de análise econômica da atividade produtiva, descrita por Reis (2007).

Desta forma, este estudo apresenta-se ao empresário/produtor, como um diagnóstico do comportamento econômico-financeiro da safra, com informações a respeito da remuneração obtida sobre cobertura dos recursos de curto (custos variáveis) e longo (custos fixos) prazo e comparações entre a remuneração obtida pela atividade produtiva e aquela que seria proporcionada por alternativas (custos alternativos).

No presente trabalho, o critério adotado para correção de valores foi o de preço único. Desta forma, foram somadas as quantidades de recursos utilizadas durante o ciclo da cultura da batata, e o resultado foi multiplicado pelo preço vigente em determinada data, que neste caso, foi em agosto de 2010. Sendo

assim, o preço *FOB* (free on board),(despesas de transporte, seguro, taxas, etc., são por conta do comprador da mercadoria) adotado para a análise foi de R\$ 35,35 por saca de 50 kg, conforme sugerido pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” / Universidade de São Paulo (ESALQ/USP).

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Caracterização das condições climáticas**

Os valores relativos à temperatura máxima, média e mínima do ar e a umidade relativa máxima, média e mínima do ar, observados durante o período de condução do experimento são representados nas Figuras 5 e 6.

Observa-se, na figura 5, que a temperatura média do ar durante o período experimental foi de 17,8°C, a média das temperaturas mínimas resultou em 12,4°C, e a média das temperaturas máximas em 25,3°C. Os valores de temperatura oscilaram entre 31,4°C a 4,2°C.

Já em relação à umidade relativa do ar, (figura 6), a média durante o período experimental foi de 68%, a média das leituras de umidades mínimas resultou em 47%; e a média das leituras de umidades máximas em 80,8%. Os valores de umidade oscilaram entre 98% e 25%.

A temperatura média ideal para o cultivo da batateira está entre 10 e 20°C (ANTUNES; FORTES, 1981), sendo que a maioria das cultivares comerciais tuberizam melhor com temperaturas médias pouco acima de 15,5°C (FAO, 2010). A maioria das cultivares utilizadas atualmente no país foram desenvolvidas especificamente para regiões temperadas, e, quando submetidas ao clima tropical apresentam produtividade muito aquém do seu potencial (MENEZES et al., 1999).

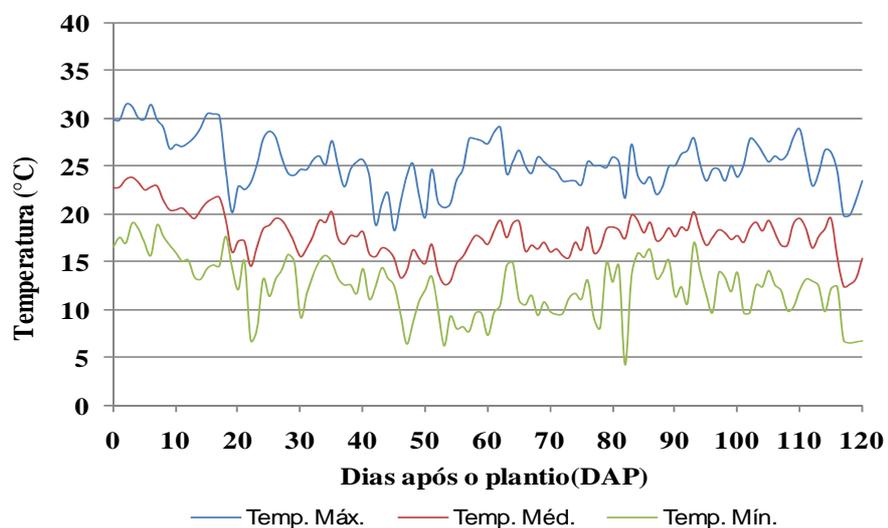


Figura 5 Temperaturas diárias máximas ( $T_{m\acute{a}x}$ ), médias ( $T_{m\acute{e}d}$ ) e mínimas ( $T_{m\acute{i}n}$ ) do ar ocorridas no período do experimento

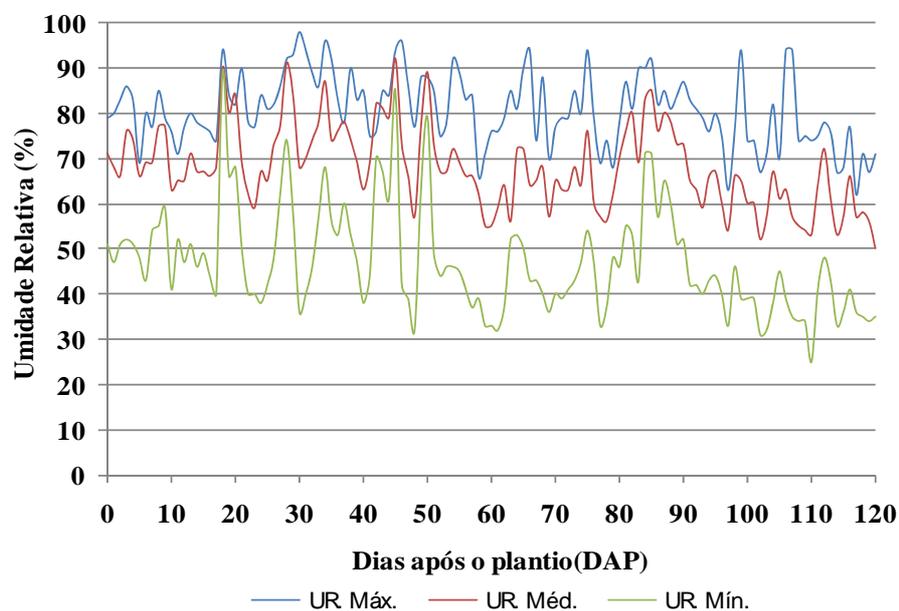


Figura 6 Umidades relativas diárias máximas ( $UR_{m\acute{a}x}$ ), médias ( $UR_{m\acute{e}d}$ ) e mínimas ( $UR_{m\acute{i}n}$ ) do ar ocorridas no período do experimento

De acordo com Burton (1981), regiões com temperaturas máximas entre 20 e 30°C e mínimas entre 8 e 15°C são mais favoráveis ao cultivo do que regiões com pouca amplitude térmica. O autor relata que a temperatura ótima para a fotossíntese está em torno de 20°C, e que para cada 5°C de elevação na temperatura da folha, há uma redução de aproximadamente 25% na taxa de fotossíntese, e a respiração foliar pode ser dobrada pelo aumento de 10°C.

Menezes et al.(1999), avaliando diferentes genótipos de batata, nas safras das águas e de inverno, em Lavras MG, observaram que as condições climáticas que normalmente ocorrem na safra de inverno no Sul de Minas Gerais, com temperaturas mais amenas, propiciam aumento na produção total de tubérculos, quando comparados com os resultados obtidos na safra das águas.

Os mesmos autores relatam que a redução de produção total de tubérculos na safra das águas, quando comparada com a safra de inverno é devido ao início tardio da tuberização, à redução da partição de fotoassimilados para os tubérculos e à formação de tubérculos de menor tamanho, provocados pela ocorrência de altos valores de temperatura durante o ciclo da cultura.

Os valores relativos às médias das temperaturas máxima e mínima para a safra de inverno observadas por Menezes et al.(1999) foram respectivamente, 25,2°C e 14,4°C, valores estes muito próximos aos observados neste trabalho, o que demonstra que as condições climáticas durante a execução do experimento foram bastante favoráveis ao pleno desenvolvimento da cultura e a obtenção de produtividade satisfatórias.

Os valores mensais de precipitação, ocorridos durante o período de condução do experimento e também o valor total observado, são representados na Figura 7. Observa-se que, durante a condução do experimento, as precipitações ocorridas foram, praticamente, desprezíveis, não influenciando os tratamentos de irrigação aplicados, pois apenas 17,3 mm de precipitação ocorreram após a diferenciação dos tratamentos.

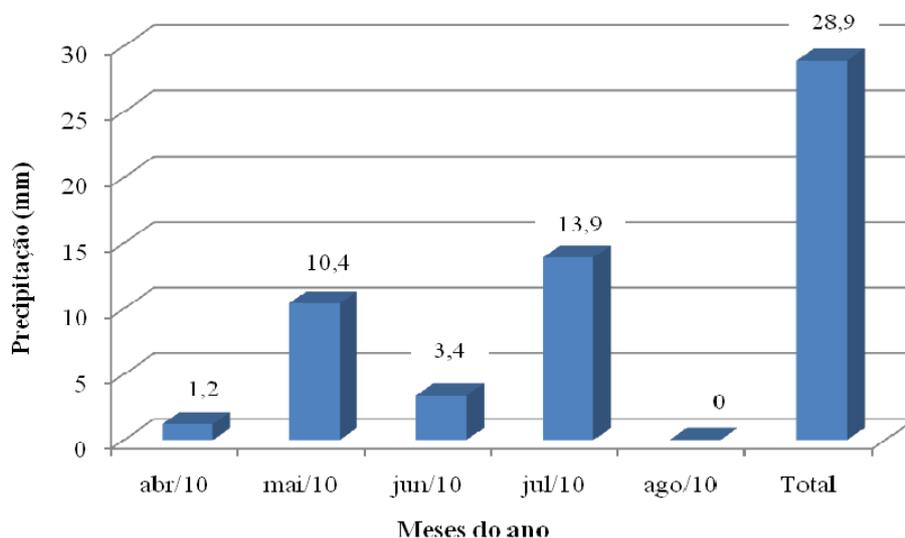


Figura 7 Precipitações mensais e volume total precipitado durante o período de condução do experimento

#### 4.2 Tensões e lâminas de água aplicadas

As lâminas de água aplicadas antes e, após a diferenciação dos tratamentos, bem como as precipitações ocorridas, os totais de água fornecidos, para a cultura, a lâmina média por irrigação, o turno de rega e o número de irrigações computadas, durante a condução do experimento, são representados na Tabela 5.

Nota-se, no presente trabalho, que as lâminas totais aplicadas seguiram um padrão decrescente em relação às tensões da água no solo estabelecidas, isto é, as maiores lâminas foram observadas nos tratamentos com menores tensões, comportamento análogo aos valores observados por Guerra (1995), Marouelli, Silva e Moretti (2003), Oliveira, Campos e Oliveira (1999) e Stone, Moreira e Silva (1988).

Tabela 5 Tensões de água no solo à profundidade de 0,15 m, lâminas aplicadas antes da diferenciação dos tratamentos (Inicial), lâminas aplicadas por irrigação após a diferenciação dos tratamentos (Irrig.), precipitações ocorridas (Precip.), lâminas de água aplicadas durante a realização das fertirrigações (Fert.), lâminas totais de água (Tot.), lâmina média por irrigação (Lmpi.), turno de rega após a diferenciação dos tratamentos (TR) e número de irrigações (NI)

Tensão (kPa)	Lâmina (mm)							
	Inicial	Irrig.	Precip.	Fert.	Total	Lmpi.	TR	NI
15	140,43	155,4	28,90	12,82	337,55	11,10	4,1	14
35	140,43	82,65	28,90	12,82	264,80	27,55	19,3	03
55	140,43	66,20	28,90	12,82	248,35	33,10	29,0	02
75	140,43	35,95	28,90	12,82	218,10	35,95	58,0	01
95	140,43	37,72	28,90	12,82	219,87	37,72	58,0	01

As quantidades de água, aplicadas em cada irrigação realizada, foram diferentes, sendo menores nos tratamentos com tensões mais baixas. Assim, os tratamentos, com menores tensões, apresentaram maiores frequências de irrigação ao longo do ciclo da cultura e o sistema foi acionado mais vezes, porém, permanecendo ligado por menos tempo, como pode ser observado na Figura 8.

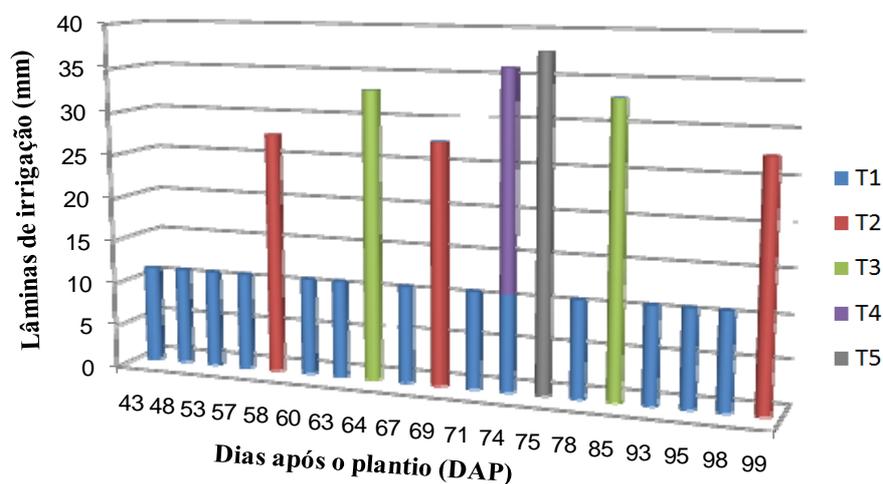


Figura 8 Frequência de irrigação observada em cada tratamento e as suas respectivas lâminas aplicadas após a diferenciação dos tratamentos

Nas Figuras 9 a 11 estão representadas as tensões médias registradas pelos sensores de umidade instalados nas profundidades de 0,15 e 0,30 m. Nessas figuras pode-se visualizar o número de irrigações realizadas durante o período de cultivo, e também o número de dias em que ocorreram as precipitações e os respectivos volumes.

Quanto menor as tensões para que fossem reiniciadas as irrigações, por exemplo, 15 kPa, mais frequentes foram as mesmas e menores foram os “picos”, sendo a tensão da água no solo mantida dentro de uma faixa mais estreita e, conseqüentemente, a umidade do solo permaneceu próxima à “capacidade de campo”, ao longo de todo o ciclo da cultura.

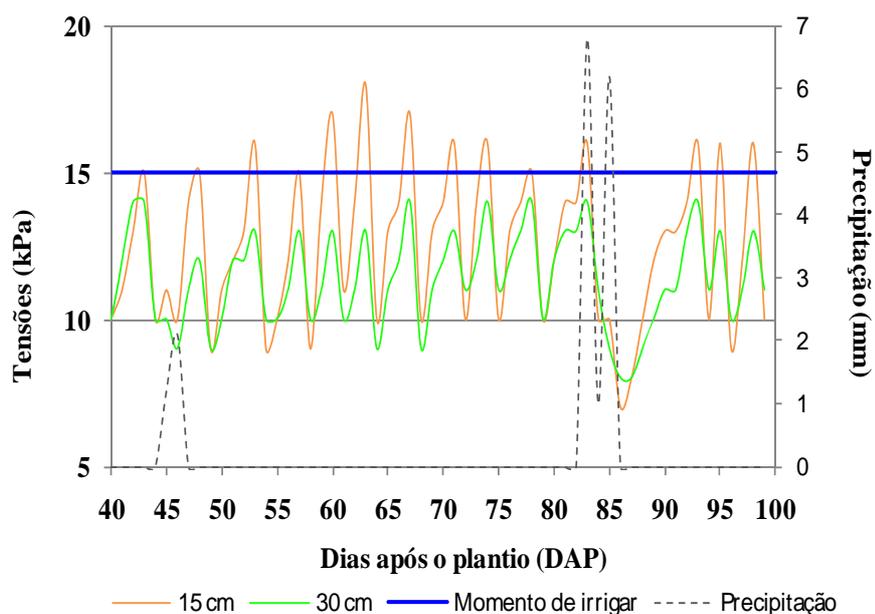


Figura 9 Variação das tensões de água no solo e da precipitação ocorrida após a diferenciação do tratamento 1 (15kPa) em duas profundidades ao longo do ciclo da cultura da batata

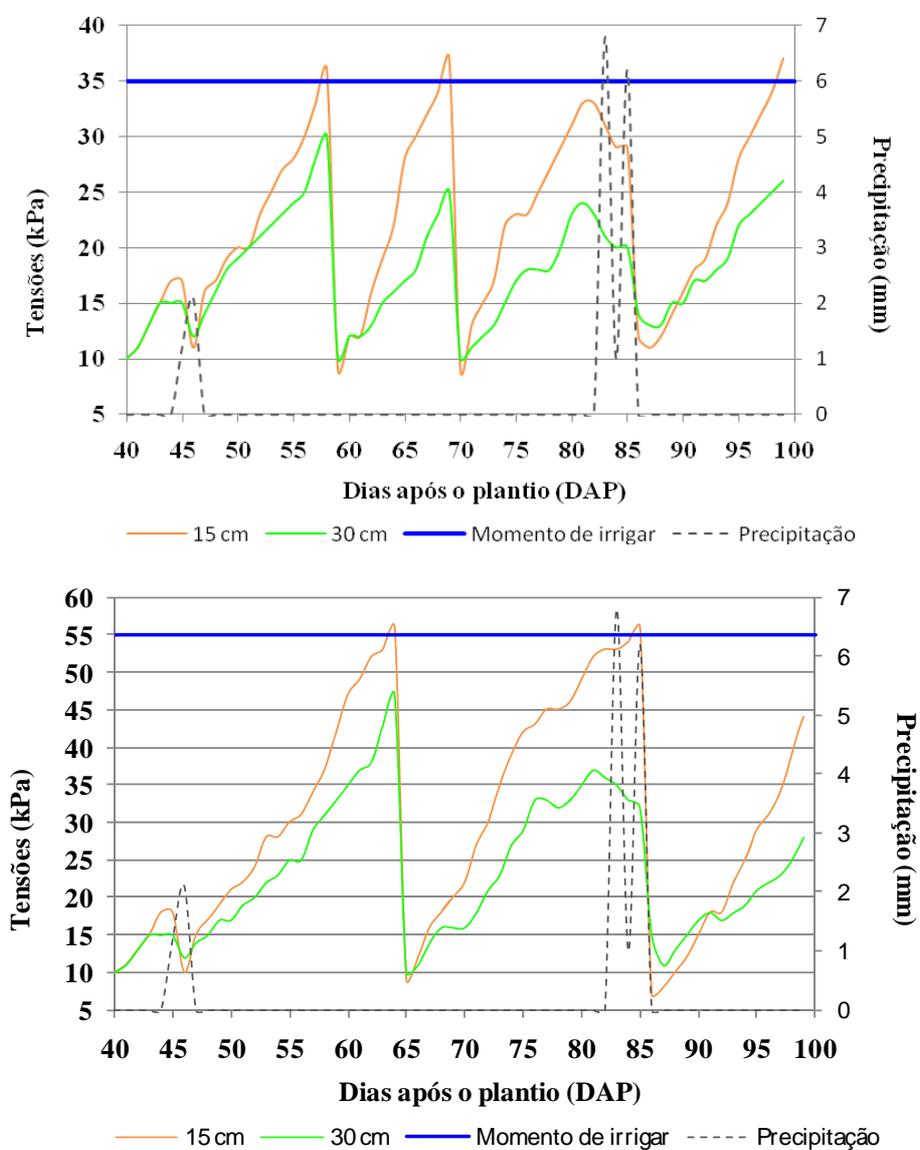


Figura 10 Variação das tensões de água no solo e da precipitação ocorrida após a diferenciação dos tratamentos 2 (35kPa) e 3 (55kPa) em duas profundidades ao longo do ciclo da cultura da batata

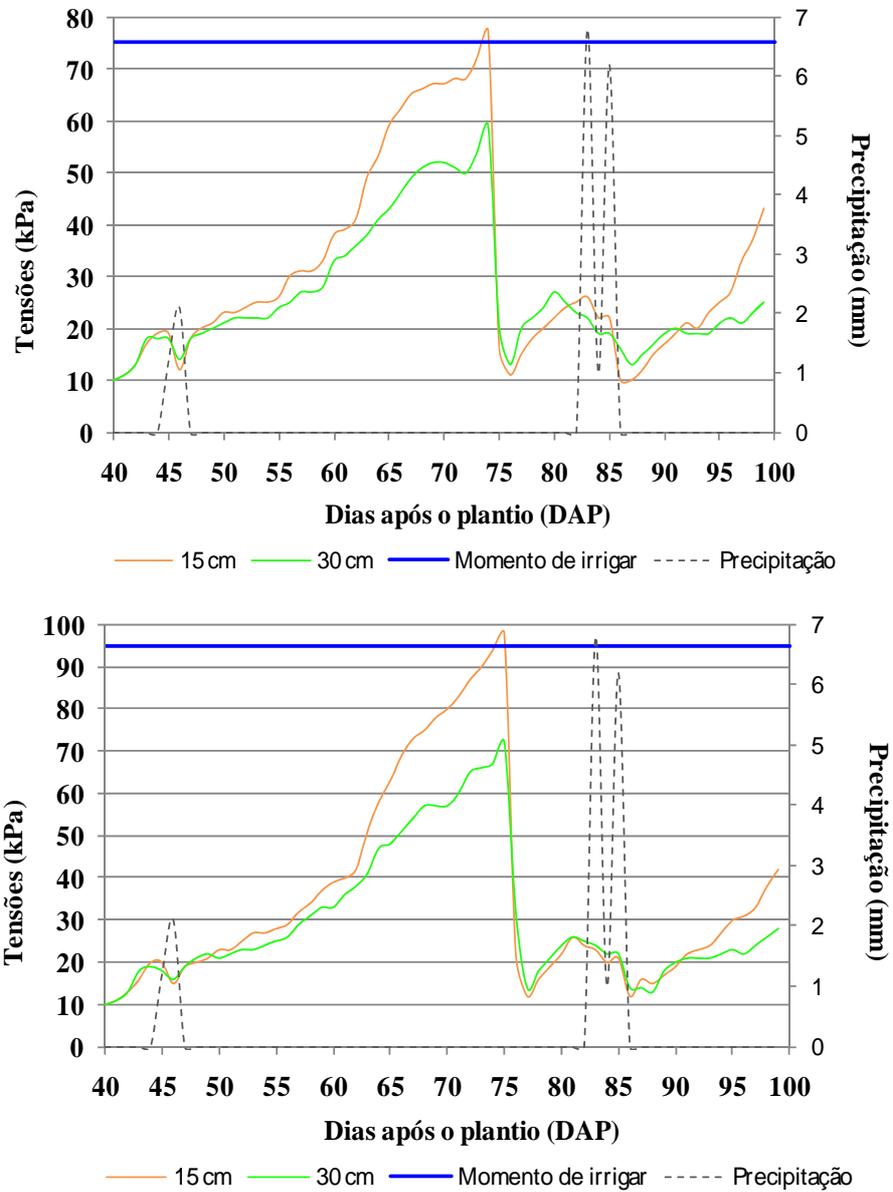


Figura 11 Variação das tensões de água no solo e da precipitação ocorrida após a diferenciação dos tratamentos 4 (75kPa) e 5 (95kPa) em duas profundidades ao longo do ciclo da cultura da batata

### **4.3 Avaliação do sistema de irrigação**

A vazão média dos gotejadores encontrada após a realização do teste foi de  $1,73 \text{ L h}^{-1}$ , este valor se encontra um pouco acima do valor de  $1,6 \text{ L h}^{-1}$ , indicado pelo fabricante. O coeficiente de uniformidade de distribuição de água (CUD) encontrado foi de 98%, significando que a água foi uniformemente distribuída nas parcelas, em qualquer nível de irrigação, não se constituindo em uma fonte de variação adicional ao ensaio. O coeficiente de variação total de vazão (CVt) encontrado foi de 0,02, indicando uma excelente uniformidade de vazão nos tratamentos. O CVt é um dos parâmetros usados para diagnosticar problemas de uniformidade em campo.

### **4.4 Avaliação da produção**

Os tubérculos após sua retirada do solo foram identificados, separados e avaliados, sendo os valores obtidos submetidos à análise estatística.

#### **4.4.1 Massa fresca total de tubérculos por planta**

De acordo com a análise de variância (Tabela 6), verificou-se que as diferentes tensões de água no solo exerceram influência significativa a 1% na massa fresca total de tubérculos por planta.

Para esta variável o delineamento em blocos casualizados (DBC), a 5% de probabilidade se mostrou eficiente, justificando o controle local. As variações ocorridas para massa fresca total de tubérculos por planta são explicadas por uma regressão linear simples com nível de significância de 1%.

Tabela 6 Análise de variância para a variável massa fresca total de tubérculos por planta, em função das tensões de água no solo

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Tensões	4	397143	99286	7.3104	0.0032 **
Bloco	3	174803	58268	4.2902	0.0283 *
Resíduos	12	162978	13582		

Cv = 20,11%

Em que: \* e \*\*, significativos a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente

De acordo com a equação representada na Figura 12 verifica-se que o aumento da tensão de água no solo em uma unidade implica na redução de 4,71 gramas na massa fresca total de tubérculos por planta, para o intervalo estudado de 15 a 95 kPa. Nota-se que valor médio máximo de massa fresca total de tubérculos por planta é atingido na tensão de 15 kPa, sendo este valor igual a 767,87 gramas. A lâmina total de água aplicada neste tratamento foi de 337,55 mm.

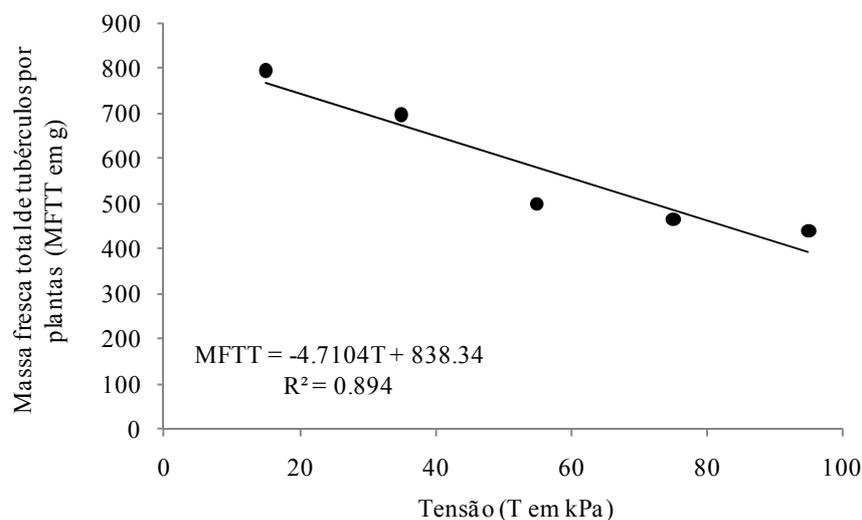


Figura 12 Valores médios, observados e estimados, de massa fresca total de tubérculos por planta (g), em função das tensões de água no solo

Resultado similar de massa fresca total de tubérculos por planta foi observado por Waddell et al. (1999), que obtiveram respostas significativas para a produção de batata com a aplicação de 380 mm de lâmina de água. Os mesmos autores relatam que para uma lâmina superior a 476 mm, não foi observado aumento significativo na quantidade de massa fresca total de tubérculos por planta.

Pulz (2007), conduzindo experimento em casa de vegetação e utilizando a *cv. Bintje*, obteve o valor de 941,4 gramas de massa fresca total de tubérculo por planta, com a tensão de 20 kPa e lâmina de irrigação total de 392 mm.

Marouelli et al. (1988), avaliando a resposta da cultura da batata, *cv. Achat* a diferentes regimes de irrigação verificaram que a massa fresca total de tubérculos por planta alcançou valor de 663 gramas, sendo as irrigações realizadas quando a leitura dos tensiômetros instalados a 15 cm de profundidade indicavam uma tensão de 15 kPa. O sistema de irrigação utilizado pelos autores foi de microaspersão com fornecimento de uma lâmina total de 238 mm.

Aguiar Neto, Rodrigues e Pinho (2000) analisando fatores de crescimento da batata, *cv. Aracy* submetida a diferentes tensões de água no solo, obtiveram respostas satisfatórias para a variável massa fresca total de tubérculos por planta, quando as irrigações eram realizadas na tensão de 15 kPa, totalizando uma lâmina de irrigação de 221,14 mm.

Garcia et al. (2003) avaliando o efeito da irrigação por gotejamento superficial e sub-superficial associado a fertirrigação na produtividade de batata *cv. Aracy* obtiveram resultado de 921 gramas de massa fresca total de tubérculos por planta, sendo que a lâmina total de irrigação incluindo o total de precipitação pluviométrica, foi de 382,74 mm.

Souza (2008) obteve produção de 1372,5 gramas de massa fresca total de tubérculos por planta, para a *cv. Ágata*, conduzida sob regime de irrigação por gotejamento e lâmina total de irrigação de 285 mm.

Observa-se na Figura 12 que quanto mais baixos são os valores de tensão de água no solo maiores foram os valores de massa fresca total de tubérculos por planta de batata (relação inversa). Ainda pode-se observar que 89% das variações ocorridas para esta variável em função das tensões aplicadas, são explicadas por uma regressão linear inversa.

Os resultados obtidos demonstram a importância do manejo adequado da irrigação durante o ciclo da cultura, pois com um suprimento adequado de água e seu fornecimento realizado no momento oportuno, permitiu-se a manutenção de condições favoráveis de umidade do solo, resultando em excelentes valores de massa fresca total de tubérculos.

É importante salientar que a umidade do solo afeta diretamente os mecanismos de absorção e transporte de nutrientes, principalmente o movimento dos íons potássio e nitrogênio na solução do solo, sendo estes os principais macronutrientes extraídos e exportados pela batateira.

A baixa umidade no solo, provocada pelos tratamentos de maiores valores de tensões provocaram uma diminuição no fluxo de água no solo, que é diretamente proporcional ao fluxo de massa de nutrientes, principal forma de absorção de nitrogênio pelas plantas. Outro mecanismo de absorção de nutrientes de extrema importância para o crescimento e desenvolvimento da batateira, que também é influenciado pela baixa umidade do solo é o processo de difusão, que compreende o transporte de íons devido a gradientes de potencial químico e consiste no principal meio de absorção de potássio pelas raízes das plantas.

A interceptação direta ou radicular de íons pelas raízes das plantas, também é influenciada pelas condições de umidade do solo, sendo que baixos teores de umidade dificultam o fluxo de água no solo, aumentando seu potencial matricial, a ponto de impedir a absorção de água e, conseqüentemente, diminuir

o crescimento radicular, diminuindo a absorção de cálcio, boro, magnésio, ferro e cobre nutrientes essenciais para a cultura da batata.

Provavelmente, quando a irrigação foi reiniciada com a tensão de 15 kPa, a umidade do solo favoreceu diretamente a absorção de nutrientes, havendo maior absorção em relação aos tratamentos submetidos a maiores tensões, vindo a contribuir para a obtenção de maiores valores de massa fresca total de tubérculos por planta.

#### 4.4.2 Número de tubérculos por planta

Pelo resultado da análise de variância (Tabela 7), verifica-se que as tensões de água no solo utilizadas no experimento, não exerceram influência significativa a 1 e 5% pelo teste de F, no número de tubérculos por planta.

Tabela 7 Análise de variância para a variável número de tubérculos por planta de batata, em função das tensões de água no solo

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Tensões	4	3.2314	0.8079	1.1867	0.3656 <sup>ns</sup>
Bloco	3	14.6862	4.8954	7.1911	0.0051 <sup>**</sup>
Resíduos	12	8.1691	0.6808		

Cv = 14,28%

Em que: <sup>ns</sup> – não significativo pelo teste F, \* e \*\* – significativos a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente

Para a variável número de tubérculos por planta (NTP), o DBC a 5% de probabilidade se mostrou eficiente, justificando, o controle local.

Portanto, as variações ocorridas para esta variável em relação à tensão de água no solo não podem ser explicadas por uma regressão. Neste caso, optou-se em apresentar os resultados obtidos em uma tabela, contendo os valores médios

observados para cada tensão, juntamente com o erro padrão e o coeficiente de variação da média (Tabela 8).

Tabela 8 Número de tubérculos por planta (NTP) em função das diferentes tensões de água no solo

Tensões (kPa)	NTP
15	6,08
35	6,29
55	5,27
75	5,90
95	5,35
Erro – padrão da media	0,20
CV (%)	7,78

Resultado semelhante ao obtido neste trabalho, foi observado por Marouelli et al. (1988), onde o número total de tubérculos por planta não foi afetado significativamente, por diferentes tensões de água no solo. Os mesmos autores observaram um valor de 8,23 tubérculos por planta, quando as irrigações eram realizadas ao atingir-se a tensão de água no solo de 15 kPa, valor este próximo ao observado neste trabalho.

Bezerra, Angelocci e Minami (1998), avaliando o comportamento da cultivar de batata Monalisa, submetida a déficit hídrico em diferentes estádios fenológicos, obtiveram valor de 9,5 tubérculos por planta, com tensão de água no solo de 20 kPa e lâmina de irrigação total de 230 mm.

Scaloppi (1976), também não observou variações significativas do número de tubérculos por planta em função do teor de água no solo.

Segundo Marouelli et al. (1988), estas observações relatadas acima são justificadas pela não formação de tubérculos durante a fase de desenvolvimento das plantas onde ocorreu déficit hídrico.

#### 4.4.3 Massa fresca média de tubérculos por planta

As tensões de água no solo empregadas no experimento exerceram influência significativa a 1%, pelo teste F, na massa média de tubérculos por planta da cultivar estudada, conforme pode ser observado na Tabela 9.

As variações ocorridas para massa média de tubérculos são explicadas por uma regressão linear simples com nível de significância de 1%. De acordo com a equação apresentada na Figura 13, verifica-se que o aumento da tensão da água no solo em uma unidade implica na redução de 0,69 gramas na massa média de tubérculos, para o intervalo estudado entre 15 e 95 kPa.

Ainda pode-se observar que, 92% das variações ocorridas para a massa média de tubérculos, em função das tensões aplicadas, são explicadas por uma regressão linear inversa.

Tabela 9 Análise de variância para massa média de tubérculos por planta de batata, em função das diferentes tensões de água no solo

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	Fc	P-valor	
Tensões	4	8204.5	2051.12	12.0821	0.0004	**
Bloco	3	98.5	32.84	0.1934	0.8988	ns
Resíduos	12	2037.2	169.77			

Cv = 12,18%

Em que: ns – não significativo pelo teste F, \* e \*\* – significativos a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente

É importante salientar que o aumento na produção proporcionado pelos tratamentos com valores menores de tensão de água no solo, são resultados de um maior incremento de massa média dos tubérculos e não pelo aumento do número de tubérculos por planta, confirmando assim, que o benefício obtido na produção foi resultante do maior enchimento dos tubérculos proporcionados por uma maior oferta de água durante o ciclo da cultura.

Pulz (2007), avaliando a influência da aplicação de silício e do estresse hídrico em batata, cultivar *Bintje*, observou resultado semelhante ao deste trabalho, reforçando a hipótese de que o aumento da produção foi devido ao maior valor de massa média de tubérculos por planta e não devido ao aumento do número de tubérculos por planta.

Nota-se que o valor médio máximo de massa média de tubérculos por planta é atingido na tensão de 15 kPa, sendo este valor igual a 134,35 g (Figura 13). A lâmina total de água aplicada neste tratamento foi de 337,55 mm.

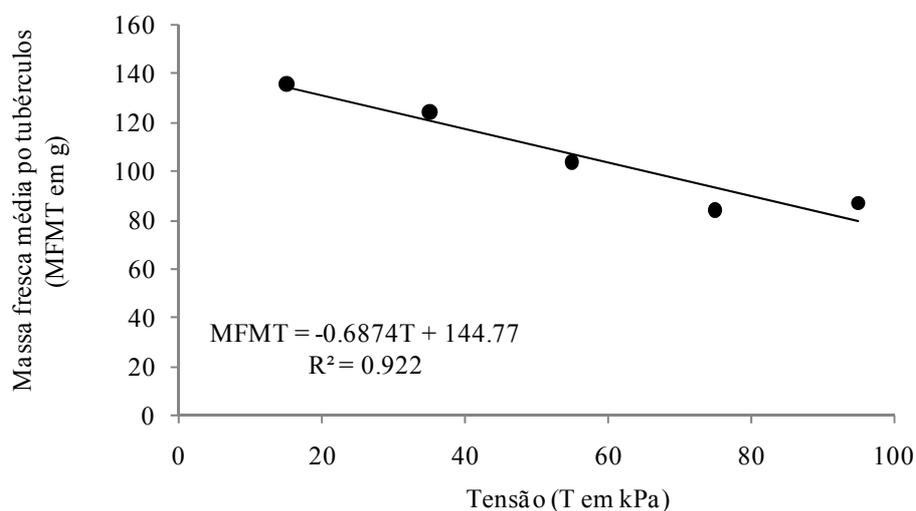


Figura 13 Valores médios, observados e estimados, de massa fresca média de tubérculos por planta (g), em função das diferentes tensões de água no solo

#### 4.4.4 Produtividade total de tubérculos

As tensões de água no solo empregadas no experimento exerceram influência, significativa a 1% pelo teste F, na variável produtividade total de tubérculos (Tabela10). Para esta variável o delineamento em blocos casualizados (DBC), a 5% de probabilidade se mostrou eficiente, justificando o controle local.

Nota-se que o valor máximo de produtividade total de tubérculos é atingido na tensão de 15 kPa, sendo este valor igual a 34,12 t ha<sup>-1</sup> (Figura 14). A lâmina total de água aplicada neste tratamento foi 337,55 mm.

Observa-se claramente que o comportamento da produtividade total de tubérculos é semelhante ao apresentado pela massa fresca total de tubérculos por planta, isto é, diminui linearmente com o aumento da tensão. Este fator não poderia ser diferente, uma vez que, no caso da produtividade total de tubérculos, esta se caracteriza pela relação entre a massa fresca total de tubérculos por planta e a área ocupada pela cultura.

Tabela 10 Análise de variância para produtividade total de tubérculos de batata (t ha<sup>-1</sup>), em função das diferentes tensões de água no solo

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	Fc	P-valor	
Tensões	4	784.48	196.12	7.3105	0.0032	**
Bloco	3	345.28	115.094	4.2902	0.0283	*
Resíduos	12	321.93	26.827			

Cv = 20,11%

Em que: \* e \*\*, significativos a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente

De acordo com a equação representada na Figura 14, verifica-se que o aumento da tensão da água no solo em uma unidade, implica na redução de 0,21 t ha<sup>-1</sup> na produtividade total de tubérculos para o intervalo estudado entre 15 e 95 kPa. Ainda pode-se observar que, 89% das variações ocorridas para a produtividade total de tubérculos, em função das tensões aplicadas, são explicadas por uma regressão linear inversa.

Resultado similar ao observado neste trabalho foi alcançado por Garcia et al. (2003), obtendo respostas significativas na produção de batata com a aplicação de 382,74 mm de lamina de água. O mesmo autor relata que para o cultivo de batata conduzido sob sistema de irrigação por gotejamento em fileiras duplas a produtividade total de tubérculos resultou em 33,78 t ha<sup>-1</sup>

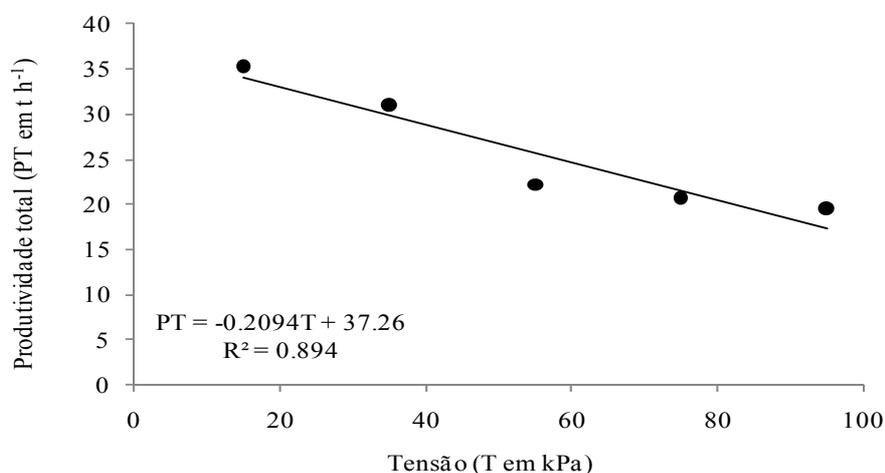


Figura 14 Valores médios, observados e estimados, de produtividade total de tubérculos ( $t \cdot ha^{-1}$ ), em função das diferentes tensões de água no solo

Marouelli et al. (1988), avaliando a resposta da batateira, cv. *Achat* submetida a diferentes regimes de irrigação verificaram que a produtividade total de tubérculos alcançou valor de  $23,5 t ha^{-1}$ , sendo as irrigações realizadas quando a leitura dos tensiômetros instalados a 15 cm de profundidade indicassem tensão de 15 kPa. O sistema de irrigação utilizado pelos autores foi o de microaspersão com fornecimento de uma lâmina total de 238 mm.

Souza (2008) avaliando a produtividade da batata, cv. *Ágata*, na safra de inverno na região sul de Minas Gerais, conduzida sob diferentes regimes de irrigação, obteve valor de produtividade total de tubérculos de  $61 t ha^{-1}$  em tratamento irrigado por sistema de gotejamento com aplicação de 285 mm de lâmina total de irrigação.

Bezerra, Angelocci e Minami (1998), avaliando o comportamento da cultivar de batata Monalisa, submetida a déficit hídrico em diferentes estádios fenológicos, obtiveram produtividade total de  $21,51 t ha^{-1}$  sendo que as batateiras eram irrigadas no momento que o potencial matricial da água no solo atingia -20

kPa, e as lâminas aplicadas eram suficientes para restabelecer as condições de capacidade de campo do solo.

Pulz (2007), conduzindo experimento em Botucatu – SP, onde avaliou a influência da aplicação de silício e do estresse hídrico em batata, cultivar *Bintje*, obteve resultado semelhante ao deste trabalho, com produtividade total de tubérculos de 33,62 t ha<sup>-1</sup>, sendo as irrigações realizadas quando a leitura dos tensiômetros de mercúrio instalados a 15 cm de profundidade indicassem a tensão de 20 kPa. A irrigação era realizada manualmente com auxílio de uma proveta, resultando em uma lâmina total ao final do ciclo da cultura de 392 mm.

#### **4.4.5 Massa fresca de tubérculos comerciais por planta**

De acordo com a análise de variância (Tabela 11), verifica-se efeito significativo a 1% de probabilidade, para a massa fresca de tubérculos comerciais por planta.

Para a variável citada anteriormente, o DBC, a 5% de probabilidade, não se mostrou eficiente, não justificando, portanto o controle local, ou seja, o delineamento neste caso poderia ser o inteiramente casualizado. As variações ocorridas para esta variável são explicadas por uma regressão linear simples com nível de significância de 1%.

De acordo com a equação representada na Figura 15, verifica-se que o aumento da tensão da água no solo em uma unidade implica na redução de 5,53 gramas na massa fresca de tubérculos comerciais por planta, para o intervalo estudado entre 15 e 95 kPa. Ainda pode-se observar que, 92% das variações ocorridas para a variável estudada, em função das tensões aplicadas, são explicadas por uma regressão linear inversa. Nota-se que valor médio máximo de massa fresca de tubérculos comerciais por planta é atingido na tensão de 15

kPa, sendo este valor igual a 693,06 g. A lâmina total de água aplicada neste tratamento foi de 337,55 mm.

Tabela 11 Análise de variância para massa fresca de tubérculos comerciais por planta de batata (g), em função das diferentes tensões de água no solo

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Tensões	4	549701	137425	9.6169	0.0010 **
Bloco	3	113852	37951	2.6557	0.0960 ns
Resíduos	12	171480	14290		

Cv = 25,34%

Em que: ns – não significativo pelo teste F, \* e \*\* – significativos a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente

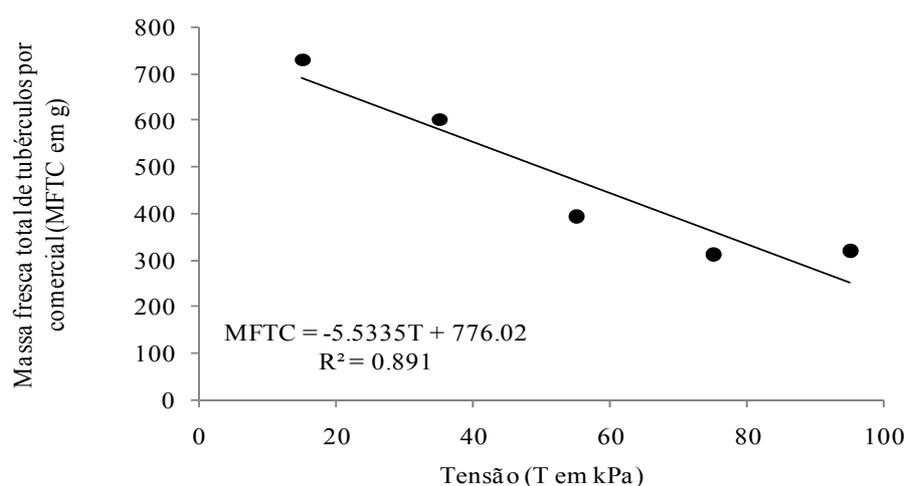


Figura 15 Valores médios, observados e estimados, de massa fresca total de tubérculos comerciais por planta (g), em função das diferentes tensões de água no solo

Souza (2008) em ensaio conduzido na região sul de Minas Gerais avaliou a quantidade de massa fresca de tubérculos comerciais por planta de batata, cv. Ágata, na safra de inverno, o autor obteve valor de 1131 gramas para

o tratamento irrigado por sistema de gotejamento e uma lâmina total de irrigação de 285 mm.

Marouelli et al. (1988), avaliando a resposta da cultura da batata, cv. *Achat*, a diferentes regimes de irrigação, obtiveram valor de 494 gramas de massa fresca de tubérculos comerciais por planta, com a tensão de água no solo a 15 kPa.

Bezerra, Angelocci e Minami (1998), avaliando o comportamento da cv. *Monalisa*, submetida a diferentes índices de déficit hídrico em vários estágios de desenvolvimento da cultura, observou que as maiores porcentagens de tubérculos comerciais por planta (49% da produtividade total), ou seja, 295 gramas foram obtidas nos tratamentos que não sofreram déficit hídrico nos estágios de tuberização e enchimento de tubérculos, sendo que a tensão de água no solo neste tratamento foi de 20 kPa, e as laminas aplicadas suficientes para restabelecer as condições de capacidade de campo do solo. O sistema de irrigação utilizado pelos autores foi de microaspersão com fornecimento de uma lâmina total de irrigação de 238 mm.

#### **4.4.6 Produtividade de tubérculos comerciais**

As tensões de água no solo empregadas no experimento exerceram influência, significativa a 1% pelo teste F na variável produtividade de tubérculos comerciais (Tabela 12).

Para a variável citada anteriormente, o DBC, a 5% de probabilidade, não se mostrou eficiente, não justificando, portanto, o controle local, ou seja, o delineamento neste caso poderia ser o inteiramente casualizado. As variações ocorridas para produtividade de tubérculos comerciais são explicadas por uma regressão linear simples com nível de significância de 1%.

De acordo com a equação representada na Figura 16, verifica-se que o aumento da tensão da água no solo em uma unidade, implica na redução de 0,24 t ha<sup>-1</sup> na produtividade de tubérculos comerciais para o intervalo estudado entre 15 e 95 kPa. Ainda pode-se observar que, 89% das variações ocorridas para esta variável, em função das tensões aplicadas, são explicadas por uma regressão linear inversa.

Tabela 12 Análise de variância para produtividade de tubérculos comerciais de batata (t ha<sup>-1</sup>), em função das diferentes tensões de água no solo

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Tensões	4	1085.75	271.437	9.6160	0.0010 **
Bloco	3	225.02	75.006	2.6572	0.0958 ns
Resíduos	12	338.73	28.228		

Cv = 25,43%

Em que: ns – não significativo pelo teste F, \* e \*\* – significativos a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente

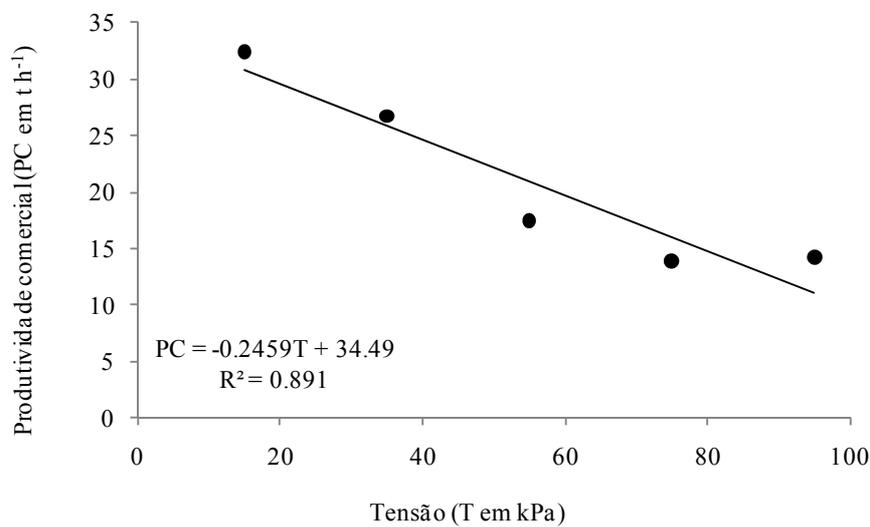


Figura 16 Valores médios, observados e estimados, de produtividade de tubérculos comerciais (t ha<sup>-1</sup>), em função das diferentes tensões de água no solo

Nota-se que o valor máximo de produtividade de tubérculos comerciais é atingido na tensão de 15 kPa, sendo este valor igual a 30,88 t ha<sup>-1</sup>. A lâmina total de água de irrigação aplicada neste tratamento foi 337,55 mm.

Observa-se claramente que o comportamento da produtividade de tubérculos comerciais é semelhante ao apresentado pela massa fresca de tubérculos comerciais por planta, isto é, diminui linearmente com o aumento da tensão. Este fator não poderia ser diferente, uma vez que, no caso desta variável, esta se caracteriza pela relação entre a massa fresca de tubérculos comerciais por planta e a área ocupada pela cultura.

Souza (2008) obteve produtividade de tubérculos comerciais de 50,3 t ha<sup>-1</sup> para a cv *Ágata*, conduzida sob irrigação por gotejamento e lâmina total de irrigação de 285 mm. Bezerra, Angelocci e Minami (1998), observando o comportamento da cultivar de batata Monalisa, submetida a déficit hídrico em diferentes estádios fenológicos, obtiveram produtividade de tubérculos comerciais de 10,54 t ha<sup>-1</sup> sendo que as batateiras eram irrigadas no momento que o potencial matricial da água no solo atingia -20 kPa, e as laminas aplicadas eram suficientes para restabelecer as condições de capacidade de campo do solo.

Marouelli et al. (1988), avaliando a resposta da batateira, cv. *Achat* submetida a diferentes regimes de irrigação verificaram que a produtividade total de tubérculos comerciais alcançou valor de 17,5 t ha<sup>-1</sup>, sendo as irrigações realizadas quando a leitura dos tensiômetros instalados a 15 cm de profundidade indicassem tensão de 15 kPa. O sistema de irrigação utilizado pelos autores foi de microaspersão com fornecimento de uma lâmina total de 238 mm.

#### 4.4.7 Número de tubérculos comerciais por planta

De acordo com a análise de variância (Tabela 13), verifica-se efeito significativo a 1% de probabilidade, para a variável número de tubérculos comerciais por planta.

Tabela 13 Análise de variância para número de tubérculos comerciais por planta de batata, em função das diferentes tensões de água no solo

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Tensões	4	16.5172	4.1293	8.8866	0.0014 **
Bloco	3	4.3489	1.4496	3.1197	0.0663 <sup>ns</sup>
Resíduos	12	5.576	0.4647		

Cv = 20,62%

Em que: <sup>ns</sup> – não significativo pelo teste F, \* e \*\* – significativos a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente

Para a variável citada anteriormente, o DBC, a 5% de probabilidade, não se mostrou eficiente, não justificando, portanto, o controle local, ou seja, o delineamento neste caso poderia ser o inteiramente casualizado. As variações ocorridas para número de tubérculos comerciais por planta são explicadas por uma regressão linear simples com nível de significância de 1%.

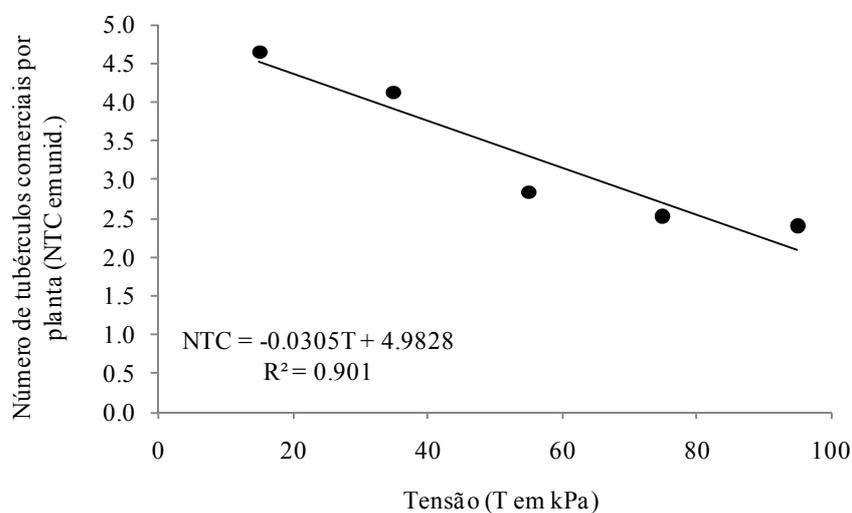


Figura 17 Valores médios, observados e estimados, de número total de tubérculos comerciais por planta, em função das diferentes tensões de água no solo

De acordo com a equação representada na Figura 17, verifica-se que o aumento da tensão da água no solo em uma unidade implica na redução de 0,0306 unidades de tubérculos comerciais por planta, para o intervalo estudado entre 15 e 95 kPa. Ainda pode-se observar que, 90% das variações ocorridas para a variável, em função das tensões aplicadas, são explicadas por uma regressão linear inversa. Nota-se que valor médio máximo de número de tubérculos comerciais por planta é atingido na tensão de 15 kPa, sendo este valor igual a 4,53.

Bezerra, Angelocci e Minami (1998), avaliando o comportamento da cultivar de batata Monalisa, submetida a déficit hídrico em diferentes estádios fenológicos, obtiveram valor de 4,65 unidades de tubérculos comerciais por planta, com a tensão de água no solo de 20 kPa e lâmina de irrigação total de 230 mm.

Marouelli et al. (1988), avaliando a resposta da batateira, cv. *Achat* a diferentes regimes de irrigação obtiveram valor de 4,1 unidades de tubérculos comerciais por planta, com a tensão de água no solo a 15 kPa.

#### 4.4.8 Teor de matéria seca dos tubérculos

Pelo resultado da análise de variância representado pela (Tabela 17) verifica-se que as diferentes tensões de água no solo exerceram influência no teor de matéria seca dos tubérculos. Para esta variável o delineamento em blocos casualizados (DBC), a 5% de probabilidade não se mostrou eficiente, não justificando, portanto, o controle local, ou seja, o delineamento neste caso poderia ser o inteiramente casualizado. As variações ocorridas para o teor de matéria seca dos tubérculos são explicadas por uma regressão quadrática com nível de significância de 5%.

Tabela 14 Análise de variância para a variável teor de matéria seca dos tubérculos (MS), em porcentagem, em função das tensões de água no solo

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	Fc	P-valor	
Tensões	4	3.0757	0.76892	3.6571	0.0360	*
Bloco	3	1.8328	0.61093	2.9057	0.0784	ns
Resíduos	12	2.5231	0.21025			

Cv = 2,49%

Em que: ns – não significativo pelo teste F, \* e \*\* – significativos a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente

Ainda pode-se observar pela Figura 21, que 94% das variações ocorridas no teor de matéria seca de tubérculos (MS), em função das tensões para o intervalo estudado entre 15 e 95 kPa, são explicadas por uma regressão

quadrática. O valor mínimo de MS 17,77% foi obtido com a tensão de 15,17 kPa e o máximo 18,77% com tensão de 60 kPa.

Segundo Cacace, Huarte e Monti (1994), os teores de matéria seca em tubérculos de batata, podem ser agrupados em: alto teor de massa seca (teores > 20,0%), teor intermediário de massa seca (teores entre 18,0% a 19,9%) e baixo teor de massa seca (teores < 17,9%).

Filgueira (2003) comenta que para uma cultivar ser adequada para fins industriais é desejável que o seu teor de matéria seca de tubérculos, esteja situado entre 19% e 20,5%. Reis (2008), ao avaliar o efeito de diferentes concentrações de adubação potássica com o uso do cloreto e do sulfato de potássio em tubérculos de batata, cv. Ágata verificou que o teor de matéria seca médio variou de 13,53 a 14,17%, respectivamente.

Cardoso (2007) encontrou valores médios de matéria seca para a cv. Ágata de 14,48%. Feltran et al. (2004) ao analisarem o teor de matéria seca em tubérculos de batata, cv. Ágata, utilizando o formulado 4-14-8 no plantio e 20-00-20 em cobertura verificaram valores médios de 16,4%.

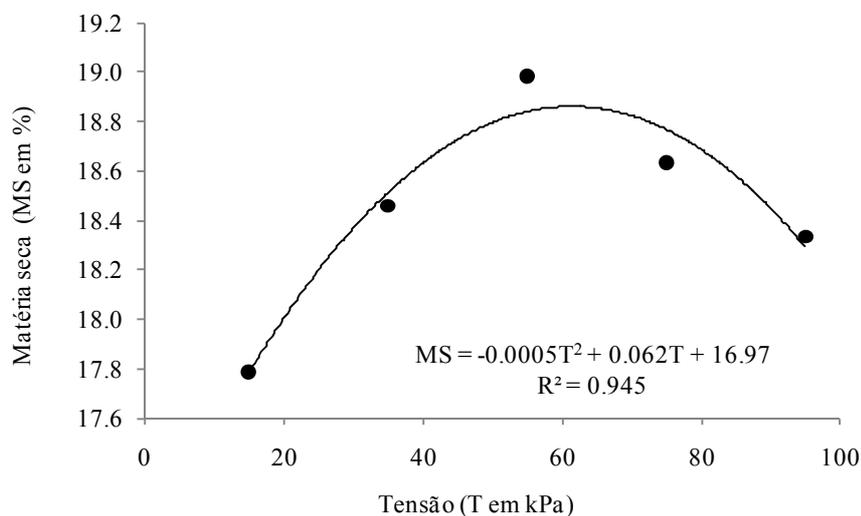


Figura 18 Valores médios, observados e estimados, de matéria seca dos tubérculos (MS), em função das diferentes tensões de água no solo

Fernandes et al. (2010) ao avaliarem a composição físico-química e qualidade de fritura de tubérculos de cultivares de batata, produzidos na safra de inverno, observou que a cultivar Ágata, apresentou teor de matéria seca de 14,10%.

É consenso que o conteúdo de matéria seca, esta diretamente correlacionada com qualidade culinária da batata (MONTALDO, 1984). Em processos industriais, quanto maior a quantidade de matéria seca, menor a quantidade de água a ser evaporada e como consequência menor o tempo de processamento.

Tubérculos com maiores teores de carboidratos e com menores teores de água são mais adequados à fritura e ao preparo de purês (PEREIRA; LUZ; MOURA, 2005). No caso de batata fatiada (“*chips*”) ou palitos (“*french fries*”) a retirada de água é realizada pelo óleo no momento da fritura favorecendo o rendimento da fritura, proporcionando menor retenção de óleo e garantindo a crocância do produto final (MELO, 1999).

Cultivares com menor teor de matéria seca em seus tubérculos como a cv. Ágata é mais firme no cozimento, sendo indicadas para a preparação de pratos assados onde é essencial a manutenção de sua forma (PEREIRA, 1987).

Melo (1999) relata que para a obtenção de tubérculos com alto teor de matéria seca, deve-se plantar cultivares que tenham essa característica genética, mas que em alguns casos somente essa medida não é suficiente, pois o acúmulo de matéria seca nos tubérculos pode ser alterado por diversas condições ambientais.

Em geral, quando o desenvolvimento foliar é estimulado, há um decréscimo no teor de matéria seca dos tubérculos, sendo o contrario também verdadeiro (MANRIQUE, 1989). Segundo Heemst (1986) o teor de matéria seca dos tubérculos aumenta com o desenvolvimento da cultura, o que denota a importância de não haver redução do ciclo da cultura.

Com relação ao manejo da adubação o mesmo autor observa uma redução no teor de MS em função de doses excessivas de nitrogênio. A aplicação excessiva de potássio também tem o mesmo efeito, já que o aumento da absorção e o acúmulo deste macronutriente nas plantas reduzem o potencial osmótico e aumentam a absorção de água diminuindo os teores de matéria seca e amido dos tubérculos (REIS JÚNIOR; FONTES, 1996).

Pequenos estresses hídricos aplicados a batateira, em diferentes fases do ciclo da cultura, não afetam o teor de matéria seca dos tubérculos. Entretanto, tem-se observado que, quando o suprimento de água é um pouco acima do ideal para o desenvolvimento dos tubérculos, acontece uma ligeira redução no teor de matéria seca, particularmente no final do ciclo (LEVI, 1986; SHOCK et al., 1993).

Embora os valores apresentados por diversos autores, demonstrem ser a cultivar Ágata, recomendada para o cozimento devido ao seu baixo teor de matéria seca (inferior a 17,9%), diante de um conjunto de fatores, tais como: uso racional de água com limitação de oferta em abundância; adubação racional e realizada com várias fontes de nutrientes, prática muito diferente do comumente utilizado em cultivos tradicionais; pouco desenvolvimento da parte aérea da planta e colheita realizada após os 120 dias após o plantio, os valores encontrados neste ensaio, diferem dos obtidos pelos autores citados anteriormente e se encontram classificados no grupo de valor intermediário de matéria seca (teores entre 18,0% a 19,9%).

#### **4.4.9 Eficiência no uso da água**

Como qualquer olerícola, o cultivo da batateira para fins comerciais caracteriza-se pelo uso intensivo de água e fertilizantes, uma vez que os aportes de água e nutrientes são componentes fundamentais para a obtenção de elevadas

produtividades. Dessa forma, o consumo de água pela cultura é um fator extremamente importante no planejamento da irrigação, principalmente quando é considerado o plantio em regiões onde a disponibilidade deste recurso é um fator limitante (SANTOS, 2002).

É importante saber se a água aplicada está sendo utilizada de forma adequada pela planta, caso contrário, o fornecimento exagerado e desnecessário deste insumo estará somente contribuindo para o aumento dos custos de produção e também para um possível aumento na incidência de doenças e consequentemente decréscimo de produtividade (MARQUES, 2003).

Pelo resultado da análise de variância (Tabela 15) verifica-se que as diferentes tensões de água no solo utilizadas no experimento não exerceram influência significativa a 1 e 5% pelo teste de F, para a variável eficiência no uso da água (EUA). Para esta variável, o DBC, a 5% de probabilidade se mostrou eficiente, justificando, o controle local.

Portanto as variações ocorridas para a variável (EUA) em relação à tensão de água no solo não podem ser explicadas por uma regressão. Neste caso, optou-se em apresentar os valores da variável observada em uma tabela, contendo os valores médios observados para cada tensão, juntamente com o erro padrão e o coeficiente de variação da media (Tabela 16).

Tabela 15 Análise de variância para a variável eficiência no uso de água (EUA), em quilograma por hectare por milímetro, em função das tensões de água no solo

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	Fc	P-valor	
Tensões	4	2270.9	567.72	1.4392	0.2805	<sup>ns</sup>
Bloco	3	4969.3	1656.43	4.1993	0.0301	*
Resíduos	12	4733.5	394.46			

Cv = 20,07%

Em que: <sup>ns</sup> – não significativo pelo teste F, \* e \*\* – significativos a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente

Pode-se observar diante dos valores representados pela Tabela 16 que o máximo valor de EUA, 116,96 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> foi obtido com a tensão de 35kPa e o valor mínimo 88,94 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> com a tensão de 95kPa.

Tabela 16 Valores médios de eficiência no uso da água (EUA), em quilograma por hectare por milímetro, em função das tensões de água no solo

Tensões (kPa)	EUA
15	104,71
35	116,96
55	89,34
75	94,83
95	88,94
Erro – padrão da media	5,32
CV (%)	12,03

Diferentemente dos resultados encontrados neste trabalho, onde não se observou significância estatística para EUA, em função de diferentes tensões de água no solo, outros trabalhos da literatura, realizados com diversas culturas, apresentaram resposta linear crescente para a variável EUA, em função do aumento dos valores de tensão de água no solo (MAROUELLI; SILVA; MORETTI, 2003; SÁ et al., 2005; VILAS BOAS et al., 2007).

Resultado semelhante ao obtido neste trabalho foi observado por Santa Olalla, Dominguez-Padilla e Lopez (2004), que avaliando diferentes lâminas de água no cultivo da cebola em clima semiárido, obtiveram valores de eficiência no uso da água, variando de 91,6 a 116,0 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> e as diferenças entre os tratamentos não se mostraram significativas.

Hayashi (2010) comenta que a batata esta entre as culturas mais eficientes na produção de alimento por unidade de água, juntamente com a cebola, o amendoim e a cenoura. Para cada metro cúbico de água aplicada, se produz em média 3,82 kg de tubérculos, comparado com apenas 1,09 kg de grãos de milho, quando a comparação é feita em função de produtividade

nutricional, a vantagem da batata é ainda mais expressiva, pois com a mesma quantidade de água, a batata fornece 150 g de proteína, que representa o dobro do fornecido pelo milho, e ainda 540 mg de cálcio, que é o dobro fornecido pelo trigo e quatro vezes mais o contido no arroz.

O mesmo autor cita que o aumento na oferta de tubérculos de batata na dieta de vários países do mundo, contribuiria para uma redução expressiva na pressão e impacto atualmente observados perante o uso dos recursos hídricos, pois a produção de alimentos, principalmente os de origem animal, exige uma grande demanda de água por unidade de produto obtido.

Ressalta-se que, o autor do comentário exposto acima, apresenta dados de consumo de água obtidos de cultivos irrigados com uso de sistemas de irrigação por aspersão. No presente trabalho a conversão produtiva da batateira foi de 10,11 kg de tubérculos para cada metro cúbico de água aplicada através de sistema de irrigação por gotejamento, nota-se um incremento de 164,7% de conversão produtiva de tubérculos para o mesmo consumo de água citado anteriormente, vindo este resultado a ser agregado, como mais uma vantagem, diante das inúmeras já comprovadas e proporcionadas pelo uso da irrigação por sistema de gotejamento.

#### **4.5 Custo total de produção**

Na Tabela 17 são representados os percentuais de participação dos itens que compõem os custos fixos e variáveis para produção de batata, cultivar Ágata, irrigadas por sistema de gotejamento, em relação a diferentes tensões de água no solo.

Nota-se, que a aplicação de diferentes tensões de água no solo resulta na diminuição da participação percentual dos custos variáveis e um aumento da participação percentual dos custos fixos em função do aumento da tensão da

água no solo, ou seja, a maior oferta de água acompanhada de uma maior frequência de irrigação proporcionou um incremento significativo em relação aos resultados de produtividade de tubérculos graúdos em sacas por hectare (Tabela 18), vindo a contribuir de forma efetiva para a composição dos custos totais de produção da referida cultura

Tabela 17 Percentagem dos custos fixos e variáveis para produção de batata, cultivar Ágata, em relação a diferentes tensões de água no solo

Custos Fixos e Variáveis Totais <sup>1</sup>	% do Custo Total				
	15 kPa	35 kPa	55 kPa	75 kPa	95 kPa
Terra	6,34	6,66	6,98	7,34	7,72
Calagem	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10
ITR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sistema de irrigação	3,72	3,90	4,09	4,30	4,52
<b>CFT</b>	<b>10,16</b>	<b>10,65</b>	<b>11,16</b>	<b>11,74</b>	<b>12,34</b>
Insumos	39,26	41,19	43,16	45,37	47,71
Mão de obra	14,19	14,88	15,59	16,39	17,24
Operações mecânicas	3,26	3,42	3,59	3,77	3,96
Despesas com administração	6,44	6,24	5,99	5,72	5,42
Comercialização e beneficiamento	23,99	21,25	18,18	14,80	11,04
Energia elétrica	1,89	1,56	1,53	1,41	1,50
Custo alternativo	0,81	0,81	0,80	0,80	0,79
<b>CVT</b>	<b>89,84</b>	<b>89,35</b>	<b>88,84</b>	<b>88,26</b>	<b>87,66</b>
<b>CT</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

<sup>1</sup>CFT – custo fixo total (incluído o custo alternativo); CVT – custo variável total e CT – custo total

Em todos os tratamentos estudados, o item que teve maior participação no custo fixo total foi o valor da terra, enquanto que os gastos com os itens insumos, comercialização e beneficiamento e mão de obra foram os que apresentaram maior participação na formação do custo variável total.

O valor gasto com energia elétrica representou apenas 1,89 % do custo total médio de cada saca de 50 kg de batata produzida para o tratamento de 15 kPa. Este tratamento foi o que recebeu a maior lâmina de água sendo, portanto o tratamento que demandou a maior quantidade de horas de funcionamento do conjunto motobomba.

Entre os tratamentos de tensão de água no solo aplicados, o de 15 kPa apresentou a maior participação dos custos variáveis totais no custo total de produção, destacando-se: despesas com administração (6,44%) e despesas com comercialização e beneficiamento (23,99%).

No Anexo encontram-se as estimativas dos custos fixos totais, dos custos variáveis totais (Tabela 1A), dos custos operacionais fixos totais e dos custos operacionais variáveis totais (Tabela 2A), em R\$.ha<sup>-1</sup>, da produção de batata cultivar Ágata, em função das diferentes tensões de água no solo.

Tabela 18 Valores médios observados de produtividade (sc. 50 kg.ha<sup>-1</sup>) de tubérculos graúdos de batata, cv. Ágata, em função das diferentes tensões de água no solo

<b>Tratamentos (kPa)</b>	<b>Produtividade média de tubérculos graúdos (sc. de 50 kg.ha<sup>-1</sup>)</b>
15	618
35	522
55	426
75	320
95	234

Os resultados dos custos médios de produção de batata, cv. Ágata, em relação aos diferentes tratamentos experimentais são representados na Tabela 19. De acordo com esta tabela, pode-se notar que os custos totais médios, tanto econômicos quanto operacionais, apresentaram um aumento de valor, à medida que se aumentou os valores de tensão de água no solo e diminuiu-se a frequência de irrigação, reduzindo a oferta de água para a cultura da batata.

Observa-se, também, que os custos fixos e variáveis médios diminuíram à medida que a produtividade aumentava, sendo os menores valores apresentados pelo tratamento de 15 kPa, cujos custos fixos e variáveis médios foram de R\$ 2,59.sc<sup>-1</sup> e R\$ 22,89.sc<sup>-1</sup>, respectivamente, conforme representado na Tabela 19.

Dos custos econômicos, analisados na Tabela 19, podem-se decompor os custos operacionais e os alternativos (ou de oportunidade). Percebe-se que os custos operacionais, representados pelas depreciações do capital fixo e pelos fatores variáveis, oneram, em média, 91,08% (significa quanto que R\$ 33,61.sc<sup>-1</sup> representa de R\$ 36,90.sc<sup>-1</sup>) do custo econômico de cada saca de batata produzida. Dessa forma, o custo alternativo do capital, investido no cultivo da batata, variou de 8,01% a 9,56%, dependendo do tratamento, representando, em média, 8,92% (100% - 91,08%) do custo de cada saca de batata produzida.

Tabela 19 Custos econômicos e operacionais médios da produção de tubérculos de batata, cv. Ágata, em R\$.sc<sup>-1</sup> de 50 kg, em função das diferentes tensões de água no solo

<b>Tratamentos</b>	<b>CFMe</b>	<b>CVMe</b>	<b>CTMe</b>	<b>CopFMe</b>	<b>CopVMe</b>	<b>CopTMe</b>
15 kPa	2,59	22,89	25,47	0,75	22,68	23,43
35 kPa	3,06	25,68	28,75	0,89	25,45	26,34
55 kPa	3,75	29,86	33,62	1,09	29,60	30,68
75 kPa	4,84	36,43	41,28	1,40	36,11	37,51
95 kPa	6,83	48,53	55,36	1,98	48,09	50,07
<b>Média</b>	<b>4,21</b>	<b>32,68</b>	<b>36,90</b>	<b>1,22</b>	<b>32,39</b>	<b>33,61</b>

<sup>1</sup>CFMe – custo fixo médio; CVMe – custo variável médio; CTMe – custo total médio; CopFMe – custo operacional fixo médio; CopVMe – custo operacional variável médio; CopTMe – custo operacional total médio

#### 4.6 Estudo econômico simplificado

Para a realização do estudo econômico simplificado, foram utilizados os dados contidos na Tabela 19, considerando como preço médio da saca de 50 kg

de batata o valor de R\$ 35,35, correspondente ao índice (CEPEA) praticado no mês de agosto de 2010.

No estudo econômico efetuado, observa-se que os tratamentos experimentais onde as irrigações foram realizadas quando as tensões de água no solo atingiam valores de 15, 35 e 55 kPa, estes apresentaram receita média (RMe) superior aos custos totais médios (CTMe), indicando haver situações de lucro supernormal ( $RMe > CTMe$ ).

Analizando as representações gráficas do modelo simplificado de análise econômica para a atividade produtiva, (Figura 19), e de acordo com as situações propostas por Reis, Medeiros e Monteiro (2001), a atividade se encontra na situação em que o investimento paga todos os recursos aplicados na atividade econômica e proporciona um lucro adicional, superior ao de alternativas oferecidas pelo mercado financeiro. A tendência da exploração econômica da bataticultura quando conduzida sob valores de tensões de água no solo citados anteriormente médio e longo prazo é de expansão e entrada de novas empresas para a atividade, atraindo investimentos competitivos.

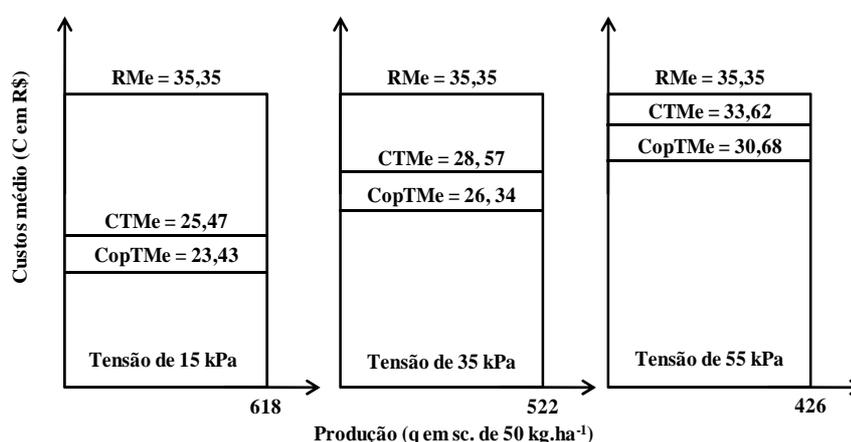


Figura 19 Representações gráficas dos modelos simplificados de análise econômica da bataticultura irrigada por gotejamento, sob diferentes tensões de água no solo

Entretanto, para os tratamentos onde as irrigações foram iniciadas quando as tensões de água no solo atingiram valores de 75 e 95 kPa, estes apresentaram receita média (RMe) inferiores aos custos totais médios (CTMe) e também inferiores aos custos operacionais variáveis médios (CopVMe), indicando haver situações de resíduo negativo, sem cobertura dos recursos variáveis ou capital de giro ( $RMe < CopVMe$ ).

Analisando as representações gráficas do modelo simplificado de análise econômica para a atividade produtiva conduzida sob tensões de água no solo de 75 e 95 kPa, (Figura 20), e de acordo com as situações propostas por Reis, Medeiros e Monteiro (2001), a atividade se encontra na situação em que a receita média não cobre os recursos variáveis ou o capital de giro, ocorrendo a necessidade de subsidiar os recursos variáveis. A recomendação para o produtor neste caso é a saída da atividade, que contribuiria para a redução dos prejuízos.

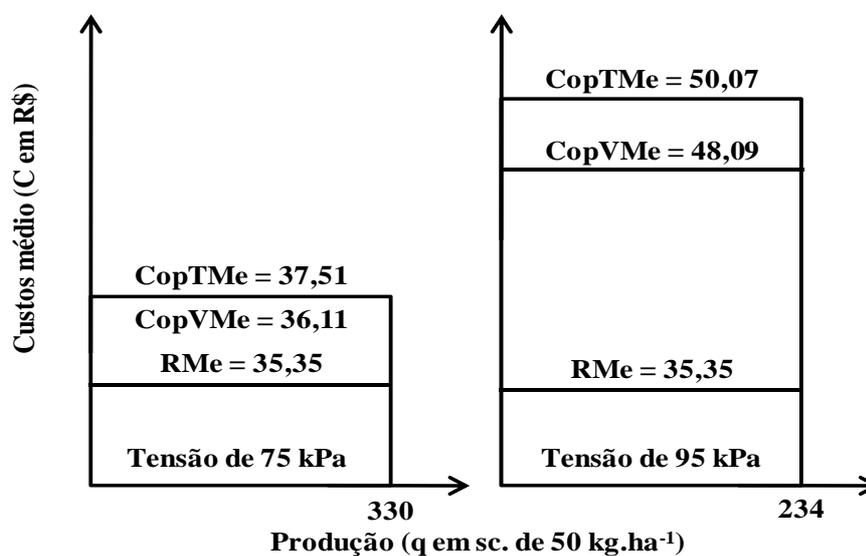


Figura 20 Representações gráficas dos modelos simplificados de análise econômica da bataticultura irrigada por gotejamento, sob diferentes tensões de água no solo

## 5 CONCLUSÕES

Diante das condições em que o experimento foi conduzido e dos resultados obtidos para a cultura da batata, cultivar Ágata, pode-se concluir que:

- para a obtenção dos maiores valores de: massa fresca total de tubérculos por planta, massa fresca média de tubérculos por planta, produtividade total de tubérculos, massa fresca de tubérculos comerciais por planta, produtividade de tubérculos comerciais, número de tubérculos comerciais por planta, associados a uma excelente classificação comercial, as irrigações devem ser realizadas quando a tensão de água no solo estiver em torno de 15 kPa, a uma de profundidade de 0,15 m;
- não houve respostas significativas para as variáveis: número de tubérculos por planta e eficiência no uso da água, em função das diferentes tensões da água no solo aplicadas;
- o rendimento produtivo da cultura reduziu-se linearmente em função do aumento da tensão da água no solo, no intervalo entre 15 e 95 kPa;
- o teor de matéria seca de tubérculos apresentou resposta quadrática aos tratamentos, sendo que o valor máximo de 18,77% foi obtido com a tensão de 60 kPa;
- os custos totais médios observados foram inversamente proporcionais às produtividades obtidas dos tratamentos de tensão de água no solo, indicando uma resposta positiva em relação a escala de produção;
- a recomendação é de que o bataticultor adote como momento de irrigar, o valor da tensão de 15 kPa, á uma profundidade de 0,15 m, visando obter maior lucratividade na atividade produtiva;
- o uso do sistema de irrigação por gotejamento no cultivo da batateira, cv. Ágata é economicamente viável.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ALLEN, R. **Calibration for the watermark 200SS soil water potential sensor to fit the 7-19-96 "calibration#3" table from irrometer**. Moscou: University of Idaho, 2000. Disponível em: <[http://www.kimberly.uidaho.edu/water/swm/Calibration\\_Watermark2.htm](http://www.kimberly.uidaho.edu/water/swm/Calibration_Watermark2.htm)>. Acesso em: 18 ago. 2010

ALVAREZ V., V. H. et al. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p. 25-32.

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

ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2010. p. 205-211.

BALARDIN, R. S. Dinamica de doenças em culturas irrigadas por aspersão. In: CARLESSO, R. (Ed.) **Irrigação por aspersão no Rio Grande do Sul**. Santa Maria: [s. n.], 2001. 165 p.

BERGAMASCHI, H. **Agrometeorologia aplicada á irrigação**. Porto Alegre: UFRS, 1992. 125 p.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 7. ed. atual. ampl. Viçosa, MG: UFV, 2005. 611 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**, Campina Grande, v. 2, n. 2, p. 119-123, 1998.

BEZERRA, F. M. L. **Coefficientes de cultura e efeitos de déficits hídricos nos diferentes estádios fenológicos sobre a produção da batata**. 1995. 131 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" 1995.

BOUYOUCOS, G. J. MICK, A. H. **An electrical resistance method for the continuous measurement of soil moisture under field conditions**. East Lansing: Michigan Agricultural Experiment Station, 1940. (Technical Bulletin, 172).

BRASIL. Lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 9 jan. 1997. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm)>. Acesso em: 23 out. 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas: 1961-1990**. Brasília: SPI/EMBRAPA, 1992. 84 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Portaria n. 69 de 21 fevereiro de 1995. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 23 fev. 1995.

BRASIL. Ministério da Irrigação. Programa Nacional de Irrigação. **Tempo de irrigar: manual do irrigante**. São Paulo: Mater, 1987. 160 p.

BURTON, W. G. Challenges for stress physiology in potato. **American**

**Potato Journal**, Orono, v. 58, n. 1, p. 3-14, Jan. 1981.

CABELLO, F. P. **Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF) goteo, microaspersión, exudación**. 3. ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1996. 511 p.

CACACE, J. E.; HUARTE, M. A.; MONTI, M. C. Evaluation of potato cooking quality in Argentina. **American Potato Journal**, Orono, v. 71, n. 3, p. 145-153, Mar. 1994.

CARDOSO, A. D. **Produtividade e qualidade de tubérculos de batata sob diferentes parcelamentos e doses da adubação mineral**. 2007. 109 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

CARLESSO, R. Absorção de água pelas plantas: água disponível versus extraível e a produtividade das culturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 25, n. 1, p.183-188, 1995.

CENTRO DE INTELIGÊNCIA DA BATATA. **Informativo quinzenal da Batata**. Lavras, 2008. 4 p. (Informativo, 27).

COSTA, E. L. et al. Irrigação da cebola. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 23, n. 218, p. 57-66, 2002.

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, nov./dez. 2007.

DELEO, J. P. B. Gestão sustentável na bataticultura. **Hortifruti Brasil**, Piracicaba, ano 9, n. 95, p. 8-26, out. 2010. Edição especial.

DIMENSTEIN, L. Manejo nutricional em batata via fertirrigação e aplicação foliar. **Batata Show – A Revista da batata**, Itapetininga, v. 4, n. 9, p. 37, set. 2004.

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

DOURADO NETO, D. et al. Programa para confecção da curva de retenção de água no solo utilizando o modelo de van Genuchten. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v. 1, p. 92-102, jul. 1990.

DUARTE, S. N. **Efeitos do horário e da lamina de irrigação na cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.)** 1989. 148 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1989.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

FABEIRO, C.; SANTA OLALLA, F. M.; JUAN, J. A. Yield and size of déficit irrigated potatoes. **Agricultural Water Management**, New Zealand, v. 48, n. 3, p. 255-266, 2001.

FELTRAN, J. C. et al. Desempenho agrônômico da batata em função de doses do formulado 8-28-16 aplicado no sulco de plantio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 44., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: [s. n.], 2004. (Horticultura Brasileira, 22).

FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P. Absorção e exportação de macronutrientes por cultivares de batatas. **Batata Show – A Revista da batata**, Itapetininga, v. 10, n. 27, p. 30-34, jul. 2010.

FERNANDES, A. M. et al. Qualidade físico-química e de fritura de tubérculos de cultivares de batata na safra de inverno. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 3, p. 299-304, jul./set. 2010.

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

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows: versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: Sociedade Internacional de Biometria, 2000. p. 255-258.

FIGUERÊDO, S. F. **Estabelecimento do momento de irrigação com base na tensão de água no solo para a cultura do feijoeiro**. 1998. 94 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1998.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa, MG: UFV, 2000. 402 p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Solanáceas: agrotecnologia moderna na produção de tomate, batata, pimentão, pimenta, berinjela e jiló**. Lavras: UFLA, 2003. 333 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Agricultural production, primary crops**. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 28 out. 2010.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Potato production and consumption in developing countries**. Rome, 1991. 47 p.

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

FRANCISCO, W. **Matemática financeira**. São Paulo: Atlas, 1981. 351 p.

GARCIA, C. J. B. et al. Irrigação por gotejamento superficial e subsuperficial na cultura da batata com dois sistemas de plantio. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 8, n. 2, p.150-159, 2003.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 14. ed. Piracicaba: ESALQ/USP, 2000. 477 p.

GOMIDE, R. L. Automação de sistemas de irrigação em fruticultura irrigada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 16., 2000, Fortaleza. **Palestra...** Fortaleza: SBF, 2000. p. 156-181.

GONDIM, R. S.; AGUIAR, J. V.; COSTA, R. N. T. Estratégias de manejo de água em caupi irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 14-18, jan./abr. 2000.

GRANJA, N. P. **Capacidade produtiva de batata (*Solanum tuberosum* L.) cv. Aracy em função da densidade de plantio, tamanho e estágio fisiológico da semente**. 1995. 85 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1995.

GUERRA, A. F. Tensão de água no solo: efeito sobre a produtividade e qualidade dos grãos de cevada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 2, p. 245-254, fev. 1995.

GUERRA, A. F.; SILVA, E. M.; AZEVEDO, J. A. Tensão de água no solo: um critério viável para a irrigação do trigo na região do cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 4, p. 631-636, abr. 1994.

HANG, A. N.; MILLER, D. E. Yield and physiological responses of potatoes to deficit, high frequency sprinkler irrigation. **Agronomy journal**, Madison, v. 78, n. 3, p. 436-440, 1986.

HARRIS, P. M. **The potato crop: the scientific basis for improvement**. 2<sup>nd</sup> ed. London: Chapman & Hall, 1992.

HAYASHI, P. Produção de batata e os recursos hídricos. **Batata Show – A Revista da batata**, Itapetininga, v. 10, n. 27, p. 52-53, jul. 2010.

HEEMST, H. D. J. VAN. The distribution of dry matter during growth of a potato crop. **Potato Research**, Wageningen, v. 29, n. 1, p. 55-66, 1986.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Anuário estatístico do Brasil**. Rio de Janeiro, 2010.

LARSON, G. F. **Electrical sensor for measuring moisture in landscape and agricultural soils**: U. S. Patent 4 531 087. Date of Patent: 23 July 1985.

LEVY, D. Tuber yield and tuber quality of several potato cultivars as affected by seasonal high temperatures and by water deficit in a semi-arid environment. **Potato Research**, Wageningen, v. 29, n. 1, p. 95-107, 1986.

MAGALHÃES, J. R. **Nutrição e adubação de batata**. São Paulo: Nobel, 1985. 51 p.

MANRIQUE, L. A. Analysis of growth of Kennebec potatoes grown under different environments in the tropics. **American Potato Journal**, Orono, v. 66, n. 5, p. 277-291, 1989.

MAROUELLI, W. A.; CARRIJO, O. A. Irrigação. In: REIFSHNEIDER, F. J. B. **Produção da batata**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 1987. p. 57-66.

MAROUELLI, W. A. et al. Resposta da cultura da batata a diferentes regimes de irrigação. **Revista Latinoamericana de La Papa**, Lima, v.1, p. 25-34, 1988.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; MORETTI, C. L. Resposta do tomateiro para processamento a tensões de água no solo, sob irrigação por gotejamento. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 23, n. 1, p. 1-8, jan./abr. 2003.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. **Irrigação por aspersão em hortaliças**: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2001. 111 p.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. **Manejo da irrigação em hortaliças**. 5. ed. Brasília: EMBRAPA/SPI, 1996. 72 p.

MARQUES, D. C. **Produção da berinjela (*Solanum melongena* L.) irrigada com diferentes lâminas e concentrações de sais na água**. 2003. 55 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

MELO, J. F. **Custos da irrigação por aspersão em Minas Gerais**. 1993. 147 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1993.

MELO, P. E. Cultivares de batata potencialmente úteis para o processamento na forma de fritura no Brasil e manejo para obtenção de tubérculos adequados. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 197, p. 112-119, mar./abr. 1999.

MENDONÇA, F. C. Evolução dos custos e avaliação econômica de sistemas de irrigação utilizados na cafeicultura. In: SANTOS, C. M. et al. **Irrigação da cafeicultura no cerrado**. Uberlândia: UFU, 2001. p. 45-78.

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

MIDMORE, D. J.; PRANGE, R. K. Growth response of two *Solanum* species to constrating temperatures and irradiance levels: relation to photosynthesis, dark respiration and chlorophyll fluorescence. **Annals of Botany**, Londres, v. 69, n.1, p. 13-20, Jan. 1992.

MONTALDO, A. **Cultivo y mejoramiento de la papa**. San Jose: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 1984.

MORGAN, K. T.; PARSONS, L. R.; WHEATON, T. A. Comparison of laboratory and field derived soil water retention curves for a fine sand soil using tensiometric resistance and capacitance methods. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 234, n. 2, p. 153-157, July 2001.

OJALA, J. C.; STARK, J. C.; KLEINKOPF, G. E. Influence of and nitrogen management on potato yield and quality. **American Potato Journal**, Orono, v. 67, n. 1, p. 29- 43, 1990.

OLIVEIRA, F. A.; CAMPOS, T. G. S.; OLIVEIRA, B. C. Efeito de tensões de água no solo sobre o rendimento do algodoeiro herbáceo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 10, p. 1905-1911, out. 1999.

PEREIRA, A. S. Composição química, valor nutricional e industrialização. In: REIFSCHNEIDER, F. J. B (Ed.). **Produção de batata**. Brasília: Linha Gráfica, 1987. p. 12-28.

PEREIRA, E. M. S.; LUZ, J. M. Q.; MOURA, C. C. **A batata e seus benefícios nutricionais**. Uberlândia: EDUFU, 2005. 60 p.

PULZ, A. L. Influência de silicato e calcário na nutrição, produtividade e qualidade da batata sob deficiência hídrica. **Ciência Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 4, p. 1651-1659, jul./ago. 2007.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. Barueri: Manole, 2004. 478 p.

REIS, J. C. S. **Cultivo de batata cv. Ágata sob diferentes fontes e concentrações de adubação potássica**. 2008. 61 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2008.

REIS JÚNIOR, R. A.; FONTES, P. C. R. Qualidade de tubérculos de batata cv. Baraka em função de doses da adubação potássica. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 14, n. 2, p. 170-174, nov. 1996.

REIS, R. P. **Fundamentos de economia aplicada**. 2. ed. rev. ampl. Lavras: UFLA/FAEPE, 2007. 95 p.

REIS, R. P.; MEDEIROS, A. L.; MONTEIRO, L. A. **Custos de produção da atividade leiteira na região Sul de Minas Gerais**. Lavras: UFLA/DAE, 2001. 23 p.

ROSA, J. A. Manejo da irrigação na batata. **Batata Show – A Revista da batata**, Itapetininga, v. 3, n. 8, p. 32-34, dez. 2003.

ROUSSELLE, P.; ROBERT, J.; CROSNIER, C. **La Patata**: producción, plagas y enfermedades, utilización. Madrid: Mundi-Prensa, 1999.

SÁ, N. S. A. et al. Comportamento da cultura do tomateiro sob diferentes tensões de água no solo em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 3, p. 341-347, 2005.

SANTA OLALLA, F. M.; DOMINGUEZ-PADILLA, A.; LOPEZ, R. Production and quality of onion crop (*Allium cepa* L.) cultivated in semi-arid climate. **Agricultural Water Management**, Columbus, v. 68, p. 77-89, Feb. 2004.

SANTOS, S. R. **Alface Americana cultivada em ambiente protegido sob diferentes tensões de água no solo**. 2002. 79 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

SANTOS, S. R.; PEREIRA, G. M. Comportamento da alface tipo americana sob diferentes tensões de água no solo, em ambiente protegido. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 569-577, set./dez. 2004.

SCALOPPI, E. J. Efeitos da ocorrência de déficits hídricos em diferentes estádios fenológicos sobre a produção de tubérculos de batata (*Solanum tuberosum* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 11, p. 111-115, 1976.

SCALOPPI, E. J. Exigências de energia para irrigação. **Revista Item**, Brasília, v. 12, n. 2, p. 13-17, mar. 1985.

SCHIPPERS, P. A. The relationship between specific gravity and percentagem dry matter in potato tubers. **American Potato Journal**, Orono, v. 53, p. 111-22, 1976.

SHOCK, C. C.; FEIBERT, E. B. G.; JADERHOLM, S. **A comparison of six soil moisture sensors**. Oregon: Oregon State University, 2002. Disponível em: <<http://www.cropinfo.net/AnnualReports/2001/Popsensortest01.htm>>. Acesso em: 15 jul. 2010.

SHOCK, C. C. et al. The effect of timed water stress on quality, total solids and reducing sugar content of potatoes. **American Potato Journal**, Orono, v. 70, n. 3, p. 227-241, Mar. 1993.

SILVA, A. L. **Estudo técnico e econômico do uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. 2002. 67 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

SMAJSTRLA, A. G.; HARRISON, D. S. **Tensiometers for soil moisture measurement and irrigation scheduling**. Florida: University of Florida, 1998. 6 p. (Circular, 487).

SMAJSTRLA, A. G.; PITTS, D. J. **Tensiometer service, testing and calibration**. Gainesville: University of Florida, 1997. 5 p. (Bulletin, 319).

SOUZA, D. O. **Produtividade da batata sob diferentes regimes de irrigação por aspersão convencional e gotejamento no Sul de Minas Gerais**. 2008.

53 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.

STONE, L. F.; MOREIRA, J. A.; SILVA, S. C. Efeitos da tensão da água do solo sobre a produtividade e crescimento do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 161-167, fev. 1988.

TAVARES, S.; CASTRO, P. R. C.; MELO, P. C. T. **Cultura da Batata**. Piracicaba: USP, 2002. 29 p. (Produtor Rural, 18).

THOMPSON, G. T.; SPIESS, L. B.; KRIDER, J. N. Farm resources and system selection. In: JENSEN, M. E. (Ed.). **Design and operation of farm irrigation systems**. St. Joseph: ASAE, 1983. p. 45-76.

VAN DER ZAAG, P. **Potatoes and their cultivations in the Netherlands**. Netherlands: The Netherlands Potato Consultative Institute, 1992.

VAN GENUCHTEN, M. T. H. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 44, n. 5, p. 892-898, Sept./Oct. 1980.

VERMEIREN, G. A.; JOBLING, G. A. **Irrigação localizada**. Campina Grande: UFPB, 1997. 184 p. (Irrigação e Drenagem, 36).

VILAS BOAS, R. C. et al. Efeito da irrigação no desenvolvimento da alface crespa, em ambiente protegido, em Lavras, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 4, p. 393-397, 2007.

VILAS BÔAS, R. L. et al. Perfil da pesquisa e emprego da fertirrigação no Brasil. In: FOLEGATTI, M. V. **Fertirrigação: flores, frutas e hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 2001. v. 2, cap. 2, p. 71-103.

WADDELL, J. T. et al. Irrigation and nitrogen management effects on potato yield, tuber quality, and nitrogen uptake. **Agronomy Journal**, Madison, v. 91, n. 6, p. 991-997, 1999.

**ANEXOS**

ANEXO A		Página
Tabela 1A	Custos fixos e variáveis totais, em R\$.ha <sup>-1</sup> , da produção de batata, cultivar Ágata, em função dos diferentes tratamentos de tensão da água no solo.....	122
Tabela 2A	Custos operacionais fixos e variáveis totais, em R\$.ha <sup>-1</sup> , da produção de batata, cultivar Ágata, em função dos diferentes tratamentos de tensão da água no solo.....	123

Tabela 1A Custos fixos e variáveis totais, em R\$.ha<sup>-1</sup>, da produção de batata, cultivar Ágata, em função dos diferentes tratamentos de tensão da água no solo

Custos Fixos e Variáveis Totais	Custos (R\$.ha <sup>-1</sup> )				
	15 kPa	35 kPa	55 kPa	75 kPa	95 kPa
Terra	1000,02	1000,02	1000,02	1000,02	1000,02
Calagem	12,90	12,90	12,90	12,90	12,90
ITR	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
Sistema de irrigação	585,62	585,62	585,62	585,62	585,62
<b>Custo Fixo Total<sup>1</sup></b>	<b>1598,65</b>	<b>1598,65</b>	<b>1598,65</b>	<b>1598,65</b>	<b>1598,65</b>
Insumos	6180,65	6180,65	6180,65	6180,65	6180,65
Mão de obra	2233,12	2233,12	2233,12	2233,12	2233,12
Operações mecânicas	513,42	513,42	513,42	513,42	513,42
Despesas com administração	1013,96	935,91	857,86	779,81	701,75
Comercialização e beneficiamento	3777,00	3189,00	2603,00	2016,00	1430,00
Energia elétrica	298,20	234,08	219,52	192,64	194,32
Custo alternativo	126,72	120,12	113,99	107,73	101,74
<b>Custo Variável Total</b>	<b>14143,08</b>	<b>13406,30</b>	<b>12721,56</b>	<b>12023,37</b>	<b>11355,01</b>
<b>Custo Total</b>	<b>15741,72</b>	<b>15004,95</b>	<b>14320,20</b>	<b>13622,01</b>	<b>12953,65</b>
<b>Custo Total (R\$.sc<sup>-1</sup>)</b>	<b>25,47</b>	<b>28,75</b>	<b>33,62</b>	<b>41,28</b>	<b>55,36</b>
<b>R Receita Total (R\$.ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>21846,30</b>	<b>18452,70</b>	<b>15059,10</b>	<b>11665,50</b>	<b>8271,90</b>
<b>Lucro (R\$.ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>6104,58</b>	<b>3447,75</b>	<b>738,90</b>	<b>-1956,51</b>	<b>-4681,75</b>

<sup>1</sup> CFT Incluído o custo alternativo

Tabela 2A Custos operacionais fixos e variáveis totais, em R\$.ha<sup>-1</sup>, da produção de batata, cultivar Ágata, em função dos diferentes tratamentos de tensão da água no solo

Custos Operacionais Fixos e Variáveis Totais	Custos (R\$.ha <sup>-1</sup> )				
	15 kPa	35 kPa	55 kPa	75 kPa	95 kPa
Terra	-	-	-	-	-
Calagem	12,67	12,67	12,67	12,67	12,67
ITR	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
Sistema de irrigação	450,00	450,00	450,00	450,00	450,00
<b>Custo Operacional Fixo Total</b>	<b>462,78</b>	<b>462,78</b>	<b>462,78</b>	<b>462,78</b>	<b>462,78</b>
Insumos	6180,65	6180,65	6180,65	6180,65	6180,65
Mão de obra	2233,12	2233,12	2233,12	2233,12	2233,12
Operações mecânicas	513,42	513,42	513,42	513,42	513,42
Despesas com administração	1013,96	935,91	857,86	779,81	701,75
Comercialização e beneficiamento	3777,00	3189,00	2603,00	2016,00	1430,00
Energia elétrica	298,20	234,08	219,52	192,64	194,32
<b>Custo Operacional Variável Total</b>	<b>14016,35</b>	<b>13286,18</b>	<b>12607,57</b>	<b>11915,64</b>	<b>11253,26</b>
<b>Custo Operacional Total</b>	<b>14479,13</b>	<b>13748,96</b>	<b>13070,35</b>	<b>12378,42</b>	<b>11716,04</b>