

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO SUPERFICIAL E  
SUBSUPERFICIAL NA CULTURA DE BATATA (*Solanum tuberosum* L.)  
COM DOIS SISTEMAS DE PLANTIO**

**CARLOS JESUS BACA GARCIA**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração em Irrigação e Drenagem.

BOTUCATU-SP

Janeiro – 2003

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO SUPERFICIAL E  
SUBSUPERFICIAL NA CULTURA DE BATATA (*Solanum tuberosum* L.)  
COM DOIS SISTEMAS DE PLANTIO**

**CARLOS JESUS BACA GARCIA**

**Orientador: Prof. Dr. Raimundo Leite Cruz**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração em Irrigação e Drenagem.

BOTUCATU-SP

Janeiro – 2003

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO: IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO SUPERFICIAL E SUBSUPERFICIAL NA  
CULTURA DE BATATA (*Solanum tuberosum* L.) COM DOIS SISTEMAS DE  
PLANTIO**

AUTOR: CARLOS JESUS BACA GARCIA

ORIENTADOR: PROF. DR. RAIMUNDO LEITE CRUZ

Aprovado pela Comissão Examinadora:

---

PROF. DR. RAIMUNDO LEITE CRUZ

---

PROF. DR. JOÃO CARLOS CURY SAAD

---

PROF. DR. TARLEI ARIEL BOTREL

Data da Realização: 31 / JANEIRO / 2003

## DEDICO

Aos meus queridos pais, **JESUS BACA e DELIA GARCIA**, que continuam nos demonstrando exemplos de coragem para enfrentar os bons e maus momentos. Muito obrigado por confiar em mim uma vez mais, e sempre me estimular na tentativa de alcançar um futuro melhor, tanto em bens materiais como morais, mesmo estando vocês, pais, com o coração apertado por não ter minha presença física no seu dia a dia.

Fico triste, mas, suas presenças dentro de mim me confortam, como também, a certeza de que Deus e a vida nos colocam nos lugares certos e no tempo necessário, visando nos ensinar sempre a dar valor nas coisas mais bonitas das nossas existências, o amor, o carinho e o companheirismo das pessoas que nos são muito queridos.

À minhas irmãs **CLENY e KARINA**, pelo apoio, carinho e compreensão nos momentos em que estive ausente durante a elaboração desta dissertação.

A meus sobrinhos **FERNANDO e ANDREA**.

Para hacer producir,  
es necesario salir de las oficinas  
internarse en el campo  
ensuciarse las manos y sudar,  
es el único lenguaje que entienden:  
el suelo, las plantas y los animales

**anônimo**

## AGRADECIMENTOS

A **DEUS** pelo dom da vida, pela sabedoria e entusiasmo de viver e de vencer as adversidades da vida, pela realização deste sonho, e por tua presença em todos os momentos de minha vida.

Ao Departamento de Engenharia Rural da Universidade Estadual Paulista, FCA – Botucatu, por permitir a realização do Curso de Mestrado e conseqüentemente à realização desta dissertação.

Aos Professores Drs. João Carlos Cury Saad, Raimundo Leite Cruz, Antonio de Pádua Souza, Antonio Evaldo Klar, Sérgio Hugo Benez, Helenice O. F. Silva, Martha M. Mischan, Luzia A. Trinca, João Francisco Escobedo, Tarlei Arriel Botrel, Odivaldo José Seraphim, Rudney C. Queiroz, Célia Regina Lopes Zimback, por suas disciplinas ministradas, e também aos demais professores, pela convivência e ensinamentos.

Ao Prof. Dr. Raimundo Leite Cruz, pela grande confiança depositada, pelo apoio, incentivo e orientação na execução deste trabalho.

Ao Prof. Dr. João Carlos Cury Saad, pelos ensinamentos, prestatividade, e pelo apoio.

Aos Prof. Drs. Antônio de Pádua Sousa e Antônio Evaldo Klar, pela amizade, e apoio nestes anos.

A Prof. Dra. Luzia A. Trinca, do Departamento de Bioestatística, pelas sugestões valiosas no campo da análise estatística.

Ao Eng. Agr. Luiz Andrade, diretor comercial da Petroisa-Scarcelli do Brasil, pelo fornecimento de todo equipamento de irrigação utilizado nesta pesquisa e pela amizade.

A estação experimental de Itararé do Instituto Agrônomo Campinas, representada pelo Eng. Agr. Valdir Josué Ramos, pela concessão de semente de batata, no momento oportuno.

Aos amigos e colegas de pós-graduação do Departamento de Engenharia Rural, Alexandre Dalri, Marcus Vinícios de Oliveira, Ieoshua Katz, Hector A. Miranda, Marcelo Aguiar, Maryzélia Furtado de Farias, Magali Ribeiro e Robson, Cláudio Márcio de Souza, Glauco Rolim, Luiza Helena Duenhas, Juliana Aguiar, Melania, Débora, Edivaldo Alves Pereira, Patrick Schmidt, Everaldo, Ivana Furio Batista, Mônica Martins, Eduardo Nardini, Ricardo de Andrade, Éder Gomes, Wagner Vilella, Marcelo Lopes, Egon, Edenilson, André, pela amizade e momentos vividos.

Aos sempre amigos peruanos em Botucatu-SP: Edwin Camacho Palomino, Julio E. Amaya Robles, Roberto Velasco, pelos momentos vividos, e a Doris Bedoya de Velasco.

A todos os amigos da Biblioteca “Paulo de Carvalho Mattos” da FCA/UNESP – Campus de Botucatu-, pelas colaborações prestadas e amizade.

As funcionárias e amigas da seção de pós-graduação da FCA/UNESP – Campus de Botucatu e, em especial a Marilena do Carmo Santos, Marlene Rezende de Freitas e Jaqueline, pelo gentil e pronto atendimento.

Aos funcionários do departamento de Engenharia Rural, Mauri, Pedro, Adão e em especial ao Gilberto Winkler e Silvio Scolastici, pela atenção, colaboração e amizade.

Aos amigos e amigas de Botucatu, em especial a Bernardete, Isabel, Erick, Fernanda, Raquel, Du, Denise.

A Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior - CAPES, pela concessão da bolsa de estudos que me permitiu prosseguir os estudos.

Aos amigos do passado e do presente, os quais espero ter também no futuro.

Enfim, A todos aqueles que direta ou indiretamente colaboraram para a realização deste sonho.



## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
1. RESUMO.....	1
2. SUMMARY.....	3
3. INTRODUÇÃO.....	5
4. REVISÃO DE LITERATURA.....	8
4.1. Considerações gerais e necessidades hídricas da cultura da batata.....	8
4.2. Aspectos sobre adubação e qualidade da batata.....	12
4.3. Irrigação.....	13
4.4. Irrigação localizada: gotejamento.....	14
4.5. Irrigação por gotejamento subsuperficial.....	15
4.6. Controle da irrigação.....	17
4.7. Fertirrigação.....	19
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	21
5.1. Localização e caracterização da área experimental.....	21
5.2. Cultivar utilizado.....	23
5.3. Delineamento experimental e caracterização dos tratamentos.....	23
5.4. Equipamentos de Irrigação.....	28
5.5. Instalação e avaliação do sistema de irrigação e condução da cultura.....	29
5.6. Manejo da irrigação e fertirrigação.....	31
5.7. Práticas culturais.....	34
5.8. Características agronômicas avaliadas.....	35
5.8.1. Emergência de planta (%).....	35
5.8.2. Altura de plantas (cm).....	36
5.8.3. Diâmetro de hastes (mm).....	36
5.8.4. Número e densidade de hastes (hastes/planta e hastes.m <sup>-2</sup> ).....	36
5.8.5. Produção de tubérculos.....	37
5.8.5.1. Produtividade total comercial dos tubérculos (kg.ha <sup>-1</sup> ).....	37
5.8.5.2. Produtividade da batata Tipo I (kg.ha <sup>-1</sup> ).....	37
5.8.6. Peso específico ou densidade relativa dos tubérculos (kg.L <sup>-1</sup> ).....	37

5.8.7. Teor de matéria seca dos tubérculos (%).....	38
5.9. Análises estatísticas dos resultados.....	38
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
6.1. Condições meteorológicas .....	39
6.2. Determinação da Evapotranspiração Cultura (ETc).....	42
6.3. Características agronômicas.....	45
6.3.1. Emergência.....	45
6.3.2. Altura de planta.....	45
6.3.3. Diâmetro de hastes.....	49
6.3.4. Número e densidade de hastes.....	49
6.3.5 Produtividade da batata.....	50
6.3.6. Produtividade total comercial.....	52
6.3.7 Produtividade da batata tipo I.....	54
6.4. Parâmetro de qualidade.....	55
6.4.1. Matéria seca.....	55
6.5. Avaliação do sistema de irrigação.....	57
6.6. Considerações gerais.....	57
7. CONCLUSÕES.....	59
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
9. ANEXOS.....	68

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela</b>	<b>Página</b>
1. Classificação dos sistemas de irrigação localizada.....	15
2. Resultados da análise química do solo da área experimental, Fazenda Experimental Lageado, Botucatu-SP. 2001.....	22
3. Características químicas do solo da área experimental, Fazenda Experimental Lageado, Botucatu-SP. 2001.....	22
4. Características físicas do solo da área experimental, Fazenda Experimental Lageado, Botucatu-SP. 2001.....	22
5. Umidade com base em volume ( $\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$ ) para diferentes valores de potencial matricial, em três camadas de solo. Fazenda Experimental Lageado, Botucatu-SP. 2001.....	23
6. Esquema de análise de variância do experimento.....	25
7. Caracterização dos tratamentos.....	27
8. Fertilizantes utilizados na adubação do experimento. Fazenda Experimental Lageado, Botucatu-SP. 2001.....	31
9. Fertilizantes utilizados no plantio, cobertura e número de aplicações via fertirrigação. Botucatu-SP. 2001.....	34
10. Esquema de tratamento fitossanitário empregado no cultivo de batata. Fazenda Experimental Lageado, Botucatu-SP. 2001.....	35
11. Médias para altura de planta (cm), diâmetro das hastes (m), número das hastes por planta, densidades de hastes (hastes por $\text{m}^2$ ), produtividade total comercial ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), produtividade tipo I ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), Matéria seca (%), avaliadas durante o experimento, Botucatu-SP. 2001.....	46
12. Análise de variância de altura de planta, diâmetro de hastes, número e densidade de hastes, Botucatu-SP. 2001.....	47
13. Altura média de plantas (cm) e diâmetro de hastes (mm), para o fator sistema de plantio aos 25 DAP. Botucatu-SP, 2001.....	48
14. Comparação entre medias, dos sistemas de plantio para diferentes parâmetros, e valores estimados.....	51

15. Análise de variância de produtividade total comercial ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), produtividade tipo I ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) e matéria seca (%), avaliada durante o experimento, Botucatu-SP. 2001.....	54
16. Produtividade total comercial e produtividade da batata tipo I ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) para o fator sistema de plantio, Botucatu-SP. 2001.....	55

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
1. Detalhes gerais do experimento, Botucatu-SP. 2001.....	24
2. Posição do tubo gotejador nos tratamentos 1 e 2 .....	26
3. Posição do tubo gotejador nos tratamentos 3 e 4.....	26
4. Vista parcial do experimento, Fazenda Experimental Lageado, Botucatu-SP. 2001.....	27
5. Detalhe da estação de controle, Fazenda Experimental Lageado, Botucatu-SP. 2001.....	28
6. Instalação dos tubos gotejadores nas parcelas de irrigação subsuperficial, Fazenda Experimental Lageado, Botucatu-SP. 2001.....	29
7. Valores diários de temperatura máxima, média e mínima, no período de agosto a novembro de 2001, Botucatu-SP.....	40
8. Valores diários de evaporação do Tanque Classe A no período de agosto a novembro de 2001, Botucatu-SP.....	41
9. Valores diários da precipitação pluviométrica e distribuição da irrigação no período de agosto a novembro de 2001, Botucatu SP.....	42
10. Valores de evapotranspiração da cultura, no período de agosto a novembro de 2001, Botucatu-SP.....	43
11. Altura de planta da batata aos 25 e 54 dias após o plantio, Botucatu-SP. 2001.....	48
12. Produtividade total comercial, kg.ha <sup>-1</sup> e produtividade de tubérculos tipo I, kg.ha <sup>-1</sup> , dos tratamentos, Botucatu-SP. 2001.....	52
13. Comparativas das médias do fator tipo de plantio, da produtividade total comercial e tipo I, Botucatu-SP. 2001.....	56

## 1. RESUMO

A batata é uma cultura que tem desenvolvimento e produtividade intensamente influenciados pelas condições de umidade do solo, assim, o controle da umidade do solo é decisivo para o êxito desta cultura.

O presente trabalho de pesquisa foi conduzido em área aberta, de agosto a novembro do ano 2001, no Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista, Botucatu-SP, objetivando avaliar os efeitos da irrigação por gotejamento superficial e subsuperficial associadas a fertirrigação e dois tipos de plantio na produtividade de batata, cultivar Aracy (IAC-2). O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso em esquema fatorial  $2^2$ , com 2 sistemas de irrigação: Irrigação por gotejamento, superficial e subsuperficial; 2 sistemas de plantio: Plantio Tradicional (PT), e Fileiras Duplas (FD); com 5 repetições perfazendo um total de vinte parcelas. A parcela experimental do tipo PT teve uma área útil de  $7,2\text{m}^2$  e o tipo FD  $6,0\text{m}^2$ .

O tubo gotejador, nos tratamentos de irrigação por gotejamento subsuperficial, foi enterrado a uma profundidade de 0,30m. Verificou-se na irrigação por gotejamento superficial, que utilizando uma pressão de 70kPa, a vazão média por gotejador foi de  $0,68\text{L.h}^{-1}$ , e a uniformidade de distribuição da água do sistema de 94,65%.

O valor médio de consumo total de água foi de 218,29mm, o que correspondeu a um consumo médio de  $2,30\text{mm.dia}^{-1}$  durante o ciclo da cultura. Após a colheita avaliou-se a produção total comercial obtendo-se uma produtividade média de  $32,51\text{t.ha}^{-1}$ , os tratamentos revelaram uma produtividade média de 30,46; 32,03; 33,46; e

34,09t.ha<sup>-1</sup>, para T<sub>1</sub>(Plantio tradicional e irrigação por gotejamento superficial), T<sub>2</sub>(Plantio tradicional e irrigação por gotejamento subsuperficial), T<sub>3</sub>(Plantio fileira dupla e irrigação por gotejamento superficial) e T<sub>4</sub>(Plantio fileira dupla e irrigação por gotejamento subsuperficial), respectivamente. Houve uma tendência de maiores produtividades quando o plantio foi realizado no sistema FD, quando comparado com o PT, com uma diferença de 8,1%. A produção total média de matéria seca dos tubérculos foi de 20,87 %.

Os resultados indicam que a produtividade desta cultura foi influenciada pelo sistema de plantio em fileira dupla e número de densidade de hastes, ocasionando maior produtividade total comercial e menor produtividade tipo I, independente do sistema de irrigação.

**IRRIGATION FOR SUPERFICIAL AND SUBSURFACE DRIPPING IN THE POTATO CULTURE (*Solanum tuberosum* L.) WITH TWO SYSTEMS OF PLANTATION. Botucatu, 2003. 67p.**

Dissertação (Mestrado em Agronomia / Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agronomicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: CARLOS JESUS BACA GARCIA

Adviser: RAIMUNDO LEITE CRUZ

## **2. SUMMARY**

The potato is a crop that has development and high productivity influenced by the ground humidity conditions, thus, the humidity control of the ground is decisive for the success of this crop.

The present work, was conducted in a opened area, from august to november of 2001, at the Department of Agricultural Engineering of the Faculdade de Ciências Agrárias- UNESP/Botucatu-SP, aiming to evaluate the effect of the irrigation for superficial and subsurface dripping associated to the fertirrigation and two types of plantation on the potato productivity, cultivar Aracy (IAC-2). The experimental delineation was experimental blocks in factorial project type  $2^2$ , with 2 irrigation systems: Dripping, superficial and subsurface; 2 systems of plantation: Traditional Plantation (PT), and Double Lines (FD); with 5 repetitions totalizing twenty parcels. The PT experimental parcel had a useful area of  $7,2m^2$  and FD type  $6,0m^2$ .

The trickle pipe in the irrigation treatments for subsurface dripping, was buried to a depth of 0,30m. It was verified that the irrigation for superficial dripping, using a pressure of 70 kPa, the trickle average outflow of  $0,68L.h^{-1}$ , and the water distribution uniformity system of 94,65%. The average of total water consumption was of 218,29mm, with corresponded to an average consumption of 2,30 mm during the cycle of the culture.

After the harvest the average total commercial production evaluated was  $32,51t ha^{-1}$ , the treatments revealed an average productivity of 30,46; 32,03; 33,46; and



34,09t.ha<sup>-1</sup>, for T1, T2, T3 and T4, respectively. It had a trend for bigger productivities when the plantation was carried through in FD system, when compared with the PT, with a difference of 8,1%. The total average production of bulbs dry matter was of 20,87 %.

The results indicate that the productivity of this crop, were influenced by the double lines plantation system and by the density of connecting rods, having caused bigger total commercial productivity and less productivity type I, independent of the irrigation system.

---

Keywords: Potatoes, surface drip irrigation, subsurface drip irrigation.

### 3. INTRODUÇÃO

A cultura da batata (*solanum tuberosum* L.) é considerada a quarta fonte de alimento mais importante do mundo. Hoje é o alimento mais consumido por populações pobres de vários países, pôr ter um custo relativamente barato e ser altamente nutritiva. Um alimento tão útil e necessário nos tempos modernos, deve ser amplamente pesquisado para um melhor aproveitamento. Seu manejo racional de irrigação é imprescindível para obtenção de elevadas produtividades e redução dos custos de produção.

A batata é atualmente uma das culturas de maior importância no Brasil, com área cultivada média de 164.242ha entre 1991 a 1999 e produtividade de 14.662kg.ha<sup>-1</sup> (AGRIANUAL, 2000).

O avanço tecnológico atual e a progressiva expansão da população mundial exigem uma dinâmica evolução dos sistemas de produção para suprir o aumento gerado no consumo de alimentos. O aprimoramento das técnicas de produção e a seleção e melhoramento das plantas, são as alternativas mais usualmente empregadas para a geração de novos impulsos para o setor agrícola. A irrigação e o manejo mais adequado das variáveis climáticas fazem parte deste contexto.

A irrigação é definida como fornecimento artificial de água para as plantas, utilizada a milênios por civilizações da Mesopotâmia e do Egito, que aproveitavam as águas do Rio Nilo, e também no Perú, pela civilização Inca (Telles, 1985).

O desenvolvimento da agricultura, a intensidade dos cultivos, o aspecto econômico, a falta de água em algumas regiões e a escassez de mão-de-obra, requerem

maior eficiência e controle nas aplicações de água e fertilizantes. Entre os sistemas pressurizados, a irrigação localizada oferece maior flexibilidade na fertirrigação (Costa & Brito, 1994; Pizarro, 1996).

Tradicionalmente, os métodos mais utilizados para irrigação da cultura da batata são: aspersão convencional, canhões autopropelidos e pivô central. Tais métodos utilizam grande volume de água por turno e tem conseqüências negativas como: desperdício de água; lixiviação de nutrientes no perfil do solo, reduzindo a eficiência das fertilizações; molhamento da parte aérea das plantas, lavando parte dos defensivos aplicados e causando até severos danos mecânicos nas folhas, criando assim, condições que favorecem a ocorrência de doenças. A irrigação localizada, mais especificamente a irrigação por gotejamento, destaca-se como a tecnologia de irrigação e fertilização mais racional para o setor, visto ser o método que possibilita maior eficiência no uso da água e que apresenta a menor demanda de energia e de mão-de-obra. A eficiência de aplicação deste método de irrigação varia entre 80% e 100%, podendo este ser utilizado na cultura de batata. (Manfrinato, 1985, Lopes & Buso, 1999).

A irrigação por gotejamento pode ser usada tanto na superfície do solo, quanto enterrada, recebendo neste caso o nome de irrigação por gotejamento subsuperficial. Segundo Phene & Ruskin (1995), a irrigação por gotejamento subsuperficial melhora a eficiência de aplicação, pois o volume armazenado no solo pode ser maior do que nos outros sistemas de irrigação.

A necessidade de água na cultura da batata é bastante variável, dependendo, principalmente, das condições climáticas predominantes. Sabe-se que a deficiência de água na batata é freqüentemente o fator mais limitante para a obtenção de altos rendimentos, assim, o controle da umidade do solo é decisivo para o êxito da cultura (Marouelli & Carrijo, 1987).

Entretanto, nas pesquisas nacionais, foi encontrado só um trabalho relatando dois sistemas de plantio, em sulco ou de forma tradicional, e o plantio ao nível do solo.

O presente trabalho teve por objetivo analisar o comportamento da batata, cultivar Aracy, quando irrigada por gotejamento superficial e subsuperficial, associado a fertirrigação, utilizando-se dois sistemas de plantio nas condições do Município de Botucatu-SP.

Foram estabelecidos dois conjuntos de parâmetros: um relativo à produtividade, onde se buscou estabelecer uma relação entre produção por unidade de área e por unidade de número de plantas, e um relativo ao desenvolvimento da cultura procurando-se avaliar as características agronômicas que dizem respeito ao desenvolvimento da cultura.

## 4. REVISÃO DE LITERATURA

### 4.1. Considerações gerais e necessidades hídricas da cultura da batata

A batata (*Solanum tuberosum* L.), é uma dicotiledônea pertencente à família *Solanaceae*, é originária dos Andes do Perú onde se encontra o maior centro de concentração genética (biodiversidade), com grande variedade de espécies nativas e cultivadas (Tapia, 1993).

O sistema radicular da planta é relativamente superficial, e quase todas as raízes permanecem a uma profundidade menor que 40-50cm. As folhas são compostas, formadas por um pecíolo com um folíolo terminal, por folíolos laterais e, às vezes, por folíolos secundários e terciários. As flores apresentam a corola gamopétala com cinco pétalas, e são distribuídas em inflorescência do tipo cimeira; o androceu e o gineceu amadurecem ao mesmo tempo, o que facilita a autofecundação. Os tubérculos são caules adaptados para reserva de alimentos e também para reprodução, formando-se como resultado do engrossamento da extremidade dos estolões, que são caules modificados e subterrâneos, semelhantes a raízes. (Lopes & Buso, 1999).

Dentre as espécies vegetais cultivadas pelo homem, a batata é uma das mais sensíveis ao estresse hídrico (Singh, 1969). A técnica de irrigação torna-se um componente essencial do sistema de produção comercial desta cultura, em qualquer condição climática (Benoit & Grant, 1980).

A batata é uma cultura que tem desenvolvimento e produtividade intensamente influenciados pelas condições de umidade do solo, assim, o controle da umidade do solo é decisivo para o êxito da cultura. A adoção da irrigação na cultura da batata, objetiva também a colocação de produto no mercado em épocas mais propícias, uma vez que o seu cultivo pode ser realizado praticamente durante todo o ano (Marouelli & Carrijo, 1987).

Filgueira (1987) observou que o déficit hídrico prejudica mais a produção que o excesso hídrico e que a magnitude e a época em que o primeiro ocorre durante o ciclo da cultura são responsáveis por uma maior ou menor redução na produção.

O excesso de umidade no solo durante o desenvolvimento da planta produz uma falta de areação que dificulta a respiração das raízes e estolões afetando o crescimento e a tuberização. Segundo Filgueira (1987), a planta da batatinha é extremamente específica no tocante às suas exigências de água, sendo o controle da umidade do solo um dos mais importantes fatores que condicionam a produção. Isto devido ao fato da planta exigir um alto grau de aeração do solo, e, a deficiência hídrica, por menor que seja, reduz a produção. (Brinholi, 1995).

A cultura da batata no Brasil é cultivada em todas as regiões, requerendo muitas vezes, irrigações em algumas fases do seu ciclo. O conhecimento da necessidade hídrica da batata é importante para a irrigação, permitindo a racionalização da lâmina de água aplicada durante o ciclo. Em irrigação, normalmente não se considera todo o perfil do solo explorado pelo sistema radicular da cultura cujo critério geralmente adotado é o de considerar apenas a profundidade efetiva, a qual deve ser tal que 80% do sistema radicular esteja nela contida. A profundidade do sistema radicular da batata, em solo de textura média, pode variar de 30 a 70cm. (Marouelli & Carrijo, 1987).

A cultura de batata é bastante sensível ao estresse hídrico em qualquer estágio de desenvolvimento, sendo os efeitos adversos máximos durante o período de estolonização e formação dos tubérculos (Doorenbos & Kassan, 1979; Ekanayake, 1994).

Na literatura há trabalhos que registram o acréscimo na produtividade da cultura da batata com o uso da irrigação, independente do sistema, tais como: Vieira (1971), Scaloppi (1973), Doorenbos & Kassam (1979), Reichardt (1990), Duarte (1989), Pereira (1991), Franke & Koning (1994), Aguiar Netto (1997).

De maneira geral, essa cultura consome de 300 a 800mm de água durante todo o ciclo, dependendo principalmente, das condições climáticas predominantes. Com respeito ao consumo da água, se tem que da brotação até os 40 dias tem um consumo médio de  $2,5\text{mm.dia}^{-1}$ , e dos 40 aos 90 dias, um consumo de  $4,0\text{mm.dia}^{-1}$ , o qual tem apresentado bons resultados. (Marouelli & Carrijo, 1987).

O pico de consumo da água ocorre na fase fenológica de tuberização. (Bezerra, 1996). A necessidade máxima de água para a batatinha manifesta-se desde que a planta atinge seu máximo desenvolvimento vegetativo (60 dias aproximadamente) até o fim do ciclo. Para os autores Franke & Koning (1994), o sub-período crítico ao déficit hídrico é no início da estolonização até início da tuberização.

Para altas produções, as exigências hídricas da cultura de batata, com ciclo fenológico oscilando entre 120 a 150 dias, estão na faixa de 500 a 700mm, dependendo do clima. (Tapia, 1993).

Duarte (1989), em Piracicaba, irrigando a cultivar Achat e de ciclo de 100 dias, obteve rendimento de  $30,0\text{t.ha}^{-1}$  com lâminas totais de 321,9 a 371,9mm aplicadas por aspersão.

Scaloppi et al. (1975), obtiveram a evapotranspiração real da cultura da batata variando de 183,8mm a 311,8mm durante o ciclo, para o tratamento de manejo da umidade do solo ao nível de 500kPa.

Pereira (1991) obteve uma demanda de 282,3mm para todo o ciclo da cultura, com um consumo médio diário de 1,66mm na brotação, 1,88mm na fase vegetativa, 3,38mm na fase de desenvolvimento dos tubérculos e 2,24mm na maturação.

Os valores do coeficiente de cultura ( $K_c$ ) dependerão do método de estimativa da evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ), embora tenham apresentado uma mesma tendência de variação ao longo do ciclo, independentemente do método de estimativa de  $ET_o$ . Doorenbos & Kassam (1979), afirmam que uma variedade de batata com ciclo de 120 a 150 dias consome de 500 a 700mm de água, dependendo das condições de clima e apresentam os valores médios dos coeficientes de cultura nas seguintes fases fenológicas de batata: (0,4 - 0,5) no estabelecimento da cultura; (0,7 - 0,8) na fase vegetativa; (1,05 - 1,20) no início da tuberização, (0,85 - 0,95) no desenvolvimento dos tubérculos e (0,7 - 0,75) na maturação.

Doorenbos & Kassam (1979) afirmam que a necessidade de água da cultura se expressa normalmente pela taxa de evapotranspiração, e que depende das condições meteorológicas, da disponibilidade hídrica no solo e da cobertura vegetal do terreno. A batata faz parte do grupo de culturas 1, consideradas mais susceptíveis à deficiência hídrica.

Scaloppi (1973), em Botucatu, São Paulo, analisando os valores de evapotranspiração real (ETa) do cultivar Aracy com os valores de evapotranspiração potencial (ETp) estimados pela fórmula de Penman e os dados de radiação solar, constatou que tanto os valores de evapotranspiração potencial como os dados de radiação solar apresentaram elevada correlação com os valores de evapotranspiração real da batata determinados pelo método de balanço hídrico. Entretanto, no período de crescimento inicial da batata a fórmula de Penman superestimou os valores de ETp em 25 – 30%. No período de máximo desenvolvimento vegetativo, os valores de ETp estimados aproximaram dos ETa determinados, exceto quando o potencial matricial da água do solo atingiu valor de -0,2MPa, o que proporcionou uma redução na intensidade da evapotranspiração. Os valores da relação ETa/ETp da cultura para o potencial matricial da água do solo de -0,35 bar foram de 0,74 de 0 a 50 dias após o plantio; 1,05 de 50 a 80 DAP e 0,81 de 80 a 95 DAP.

Encarnação (1987), em estudos realizados de abril a julho em Piracicaba, São Paulo, mediu a evapotranspiração do cultivar IAC 5977, em evapotranspirômetros de lençol freático a nível constante. O consumo total de água no ciclo foi de 271,3mm com consumo médio diário de 1,7mm na fase de germinação, 2,3mm na fase vegetativa, 3,1mm na fase de floração e formação de tubérculos, 3,4mm na fase de desenvolvimento dos tubérculos I, 3,7mm na fase de desenvolvimento de tubérculos II e 1,4 mm na fase de maturação.

Também em Piracicaba-SP, Duarte (1989) realizou um ensaio com o cultivar Achat, sobre três lamina de água aplicadas em quatro horários distintos, verificando que o horário de irrigação não provocou efeito significativo sobre os parâmetros do desenvolvimento e da produção da cultura. Os maiores rendimentos, em torno de 30,0t.ha<sup>-1</sup>, ocorreram a níveis entre 600 a 650mm de lamina total, incluído 278,1mm de precipitação pluvial.



## 4.2. Aspectos sobre adubação e qualidade da batata

A cultura de batata exige grande quantidade de N e K cujas proporções extraídas são muito parecidas (Malavolta, 1997). Moraes et al. (1992) em estudos de fontes e modos de aplicação de nitrogênio na cultura de batata verificaram aumento de 52% em média na produção total comercializável e que tanto a sua fonte como os seus parcelamentos não interferiram nas produtividades.

Na área tropical da América do Sul aonde a batata vem sendo cultivada, a maioria dos experimentos indica que o fósforo é o elemento limitante de produção (Ortiz et al., 1988; Manrique, 1993). Essa limitação está principalmente relacionada à deficiência de absorção de P pela cultura devido ao seu restrito sistema radicular e ciclo relativamente curto, além da baixa disponibilidade de P no solo, devido aos altos teores de óxidos de Fe e Al, tipos de argila e alofana que fixam fortemente o P, não sendo facilmente aproveitado pelas plantas (Fassbender & Bornemiza, 1987). Assim, para a maioria dos solos, a batata requer alta fertilização fosfatada aplicada no sulco de plantio para a produção máxima. A aplicação da fórmula completa do fertilizante no sulco de plantio é a solução mais adequada para evitar a excessiva fixação do fósforo no solo, conforme relataram Fontes & Fontes (1991).

O teor de matéria seca é uma importante característica de qualidade em culturas de tubérculos, como a batata, principalmente quando se destina ao processamento industrial e para melhorar suas características de armazenagem. Os fatores que aumentam a produção de tubérculos, tais como a adubação nitrogenada, freqüentemente reduzem o teor de matéria seca. Esses efeitos podem ser parcialmente contornados pela adubação potássica, embora quantidades excessivas possam reduzir a massa específica (Timmes & Merkle, 1963).

Allen (1978) em estudos do efeito de dois espaçamentos entre linhas de plantio e quantidades de sementes sobre o teor de matéria seca em três cultivares de batata, verificou que quando maior densidade de plantas, aumentou a porcentagem de matéria seca dos tubérculos e teve pequeno efeito quando aumentou o espaçamento entre linhas.

White & Sanderson (1983) avaliaram doses de nitrogênio e espaçamentos de plantas sobre a produção e qualidade em cultivares de batata para processamento. Os autores verificaram que os espaçamentos utilizados entre as plantas não

tiveram efeito significativo nos rendimentos de tubérculos maiores de 114g, mas os espaçamentos maiores reduziram o teor de matéria seca dos tubérculos. A aplicação de nitrogênio nas doses superiores a  $134,0\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , não teve efeito no rendimento ( $29,5\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), mas o aumento das doses de N reduziu o teor de matéria de 21,4 para 21,0%.

MacLean (1984) estudou em solo franco arenoso o efeito de várias épocas de aplicação de nitrogênio no rendimento do cultivar Kennebec e na matéria seca dos tubérculos. Obteve uma resposta significativa à aplicação de  $135,0\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de N no momento do plantio e menor teor de matéria seca dos tubérculos às doses altas de N. Concluiu que do ponto de vista de rendimento e de considerações econômicas, não é vantajoso fazer aplicações parceladas de nitrogênio.

### **4.3. Irrigação**

Do ponto de vista técnico, a irrigação é uma atividade que tem por finalidade o suprimento de água nas culturas agrícolas, e esse suprimento de água pode ser feito por diferentes métodos. (Comtrim et al. 1988).

Segundo Vieira (1994), a irrigação pode ser definida como sendo a aplicação artificial de água no solo de acordo com a capacidade de retenção e infiltração do mesmo, a fim de garantir o suprimento hídrico da planta durante seu ciclo vegetativo, propiciando melhor desenvolvimento e maior produção.

A irrigação é uma das técnicas mais eficazes para aumentar a produtividade das culturas, chegando à valores entre 100 e 230% de acréscimo (Manual, 1991).

Os sistemas de irrigação podem ser classificados em três categorias distintas, como segue: 1) irrigação por superfície; 2) irrigação por aspersão e 3) irrigação localizada. Na bataticultura, as irrigações por aspersão pelo sistema convencional, pivô central e autopropelido, são as mais utilizadas, seguramente com mais de 90% das áreas totais irrigadas, seguida da irrigação por superfície através de sulcos (Lopes & Buso, 1999).

Tais métodos utilizam grande volume de água por turno e tem conseqüências negativas como desperdício de água, molhamento da parte aérea das plantas, lavando parte dos defensivos e criando condições que favorecem a ocorrência de doenças. Com o desenvolvimento da agricultura, a intensidade dos cultivos, o aspecto econômico, a falta de água em algumas regiões e a escassez de mão-de-obra, exigem uma maior eficiência e controle nas aplicações de água e fertilizantes. Entre os sistemas pressurizados, a irrigação localizada tem a vantagem de solucionar estes problemas mencionados.(Costa & Brito, 1994; Pizarro, 1996).

#### **4.4. Irrigação localizada: gotejamento.**

O método de irrigação localizada é o que vem experimentando o maior número de inovações tecnológicas em todo o mundo. Suas características de uniformidade de aplicação e redução no consumo de água, o tornam extremamente atraente em tempos em que o mundo discute o melhor aproveitamento da água em todos os seus usos. No Brasil, especificamente, o aumento da área irrigada anualmente por este método é facilmente perceptível (Cristofidis, 1999).

A técnica de irrigação localizada consiste na aplicação de água diretamente na região radicular, em pequenas quantidades, através de um número variável de pontos emissores (gotejadores ou microaspersores), com alta frequência de irrigação, mantendo a umidade do solo próximo ao valor ótimo para o desenvolvimento da planta, pelo maior período possível, com o mínimo de perdas por evaporação e percolação profunda e sem necessidade de molhar toda a superfície do terreno (Gomes, 1997; Medina, 1985).

Segundo Bernardo (1995), a aplicação da água é feita por meio de tubos perfurados com orifícios de diâmetros reduzidos ou por meio de pequenas peças denominados gotejadores, conectadas em tubulações flexíveis de polietileno. As pressões de trabalho variam de 0,5 a 2,5 atmosferas, sendo que a pressão de serviço da maioria dos gotejadores está em torno de 1 atmosfera. Emissores utilizados em sistemas de irrigação por gotejamento aplicam vazões de 2 a 10L.h<sup>-1</sup>, gota a gota (Pizarro, 1996).

Nos sistemas de irrigação localizada de alta frequência, como ocorre com todas as novas tecnologias, faz-se ainda muita confusão com terminologias. De acordo com Pizarro (1996), os sistemas de irrigação localizada podem se agrupar como indicados na Tabela 1, em que o critério de separação é a vazão por unidade de emissor ou por metro linear do mesmo. Como vazão limite aceita se o valor de  $16,0\text{L.h}^{-1}$ .

Tabela 1. Classificação dos sistemas de irrigação localizada.

Sistemas de irrigação Localizada	Alta vazão ( $16-150\text{L.h}^{-1}$ )	microaspersão difusão
	Baixa vazão ( $<16\text{L.h}^{-1}$ )	Gotejamento

Fonte: Pizarro Cabello (1996).

No sistema de irrigação por gotejamento, a água é conduzida por extensas redes de tubulações com baixa pressão, até próximo ao pé da planta (Telles, 1985). Sua eficiência de aplicação deste sistema pode variar de 80% a 100%, e pode ser utilizado na cultura de batata. Este sistema viabiliza um gasto de água, energia e de fertilizantes, além de uma menor incidência de doenças de folha e menor risco de poluição das águas superficiais (Lopes & Buso, 1999).

#### 4.5. Irrigação por gotejamento subsuperficial

A aplicação de pequenas quantidades de água e com alta frequência, abaixo da superfície do solo de forma que esta se mova via capilaridade até a zona radicular da cultura é definida como gotejamento subsuperficial, Davis & Nelson citados por Hiler & Howell, (1973). Segundo Phene (1987) a definição do termo *irrigação subsuperficial* torna-se necessária quando este método é comparado com a *subirrigação*, em que, há a necessidade que ocorra elevação do lençol freático para a modificação do teor de água no solo, procedimento este possível somente quando se utilizam sistemas de drenagem na área em questão.

Irrigação por gotejamento subsuperficial é definida pela American Society of Agricultural Engineers (ASAE), como a aplicação da água abaixo da superfície do solo através de emissores com as mesmas características da irrigação por gotejamento (ASAE standards, 1996).

A aplicação da irrigação por gotejamento em culturas anuais tem o inconveniente de que a densa rede das tubulações situada sobre o terreno dificulta muito as práticas agrícolas, sobre tudo as que utilizam mecanização: capinas, tratamentos, colheita, etc. O normal seria o recolhimento das linhas laterais, o que implica em elevar o custo em mão-de-obra. O surgimento de sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial, em que todas as tubulações, inclusive linhas laterais estão enterradas, eliminam os inconvenientes citados.

Romagosa Godó (2001), define a irrigação por gotejamento subsuperficial como sendo a água aplicada vagarosamente, abaixo da superfície do solo, através de emissores (gotejadores), com descargas semelhantes ao sistema de gotejamento na superfície. O sistema de irrigação enterrado (subsuperficial), está evoluindo, uma vez que os problemas do passado como os entupimentos foram reduzidos.

Oron et al. (1991) comentam que a utilização de sistemas de irrigação subsuperficial surgiu como uma tecnologia promissora particularmente para áreas onde os recursos hídricos são limitados, ressaltando como uma das principais características benéficas, a redução das perdas por evaporação, uma vez que as camadas superiores permanecem secas. Alam (1991) comenta que uma grande vantagem deste sistema é a alta uniformidade de aplicação de água que ocorre devido ao movimento horizontal no solo.

A irrigação por gotejamento subsuperficial, segundo Phene (1987) tem as seguintes vantagens quando comparado com a instalação superficial: (i) tem uma economia de trabalho e aumento da expectativa de vida útil; (ii) reduz a ocorrência de doenças do solo e ajuda a controlar a infestação de ervas daninhas; (iii) possui uma maior eficiência de uso de água e nutrientes (iv) reduz a compactação do solo (v) promove uma significativa melhoria na qualidade e na produção, (vi) maior duração nas instalações, (vii) menor perda por evaporação. Dentro das desvantagens tem-se: Em zonas pouco chuvosas podem-se acumular sais na superfície, prejudicando a germinação da cultura seguinte; necessidade de irrigação de pre-emergência; dificuldades em localizar perdas por percolação e danos na tubulação.

No que diz respeito à produtividade, diversas comparações foram feitas entre gotejamento subsuperficial e outros sistemas de irrigação. Na maioria dos casos, o gotejamento subsuperficial apresentou valores maiores ou iguais aos outros sistemas de irrigação. Phene et al. (1992) observou que a produção de algodão foi maior com gotejamento subsuperficial do que com irrigação por sulcos para solo siltoso, porém, não foi maior no caso de solo arenoso. A produção de hortaliças irrigadas através de gotejamento subsuperficial é em muitos casos maior ou igual à produção de hortaliças irrigadas por outros sistemas de irrigação (Camp, 1998). Quando comparado com gotejamento superficial, o subsuperficial tem dado maiores produções com milho doce em Israel e na Califórnia (Bar-Yosef et al, 1989).

#### **4.6. Controle da irrigação.**

O conhecimento do consumo de água pelas plantas é essencial para se poder estimar a quantidade de água requerida para irrigação. O conhecimento do consumo de água nas diversas etapas fenológicas das plantas cultivadas também permite a administração de uma irrigação mais racional e efetiva, de acordo com a exigência da cultura (Berlato & Molion, 1981).

A irrigação visa evitar as deficiências hídricas nos períodos críticos. É necessário, porém, aplicá-la em quantidade correta. Se insuficiente, prejudica o sistema radicular, tornando-o muito superficial. Em excesso também prejudica o sistema radicular, além de provocar desperdícios de água, nutrientes, tempo, etc. (Camargo, 1985). De maneira geral, é possível aumentar a produtividade de batata em mais de 20% e reduzir o consumo de água e energia em até 30%, apenas por meio do controle eficiente de irrigação (Lopes & Buso, 1999). Existem inúmeras técnicas e procedimentos que permitem determinar o *quanto* e *quando* irrigar a cultura. Aqueles inerentes ao solo, como o fenômeno de retenção de água no solo são mais difundidos, apresentam boa precisão e fácil aplicação. Aqueles relacionados ao fator clima são mais usados no planejamento do projeto de irrigação (Faria & Rezende, 1997).

O tanque Classe A, em vista do custo relativamente baixo e do fácil manejo, tem sido empregado nos projetos de irrigação. Ele tem a vantagem de medir os efeitos dos diferentes fatores climáticos que influenciam o processo de evapotranspiração das culturas (Marouelli et al, 1996; Faria & Rezende, 1997).

Normalmente, as medições de evaporação da água no tanque Classe A (ECA) são usadas para determinar a evapotranspiração de referencia (ET<sub>o</sub>), através da seguinte equação:

$$ET_o = ECA * K_p \quad (\text{eq. 1})$$

em que:

ET<sub>o</sub>: evapotranspiração do cultivo de referencia, em mm.dia<sup>-1</sup>;

K<sub>p</sub>: é um coeficiente de correção, em função das condições do tamanho e da natureza da área tampão, da velocidade do vento, e da umidade relativa do ar;

ECA: evaporação do tanque classe A, em mm.dia<sup>-1</sup>.

A evapotranspiração potencial da cultura (ET<sub>c</sub>) é, por definição a evapotranspiração de determinada cultura quando se tem ótimas condições de umidade e nutrientes no solo, de modo a possibilitar a produção potencial desta cultura nas condições de campo (Bernardo, 1995). A relação entre a ET<sub>c</sub> e a ET<sub>o</sub> é expressa pela seguinte equação:

$$ET_c = K_c * ET_o \quad (\text{eq. 2})$$

em que K<sub>c</sub> é o coeficiente da cultura. Os valores de K<sub>c</sub> variam com o tipo da cultura, estágio de desenvolvimento da cultura, e com as condições climáticas locais (Bernardo, 1995).

#### 4.7. Fertirrigação

A fertirrigação é considerada, atualmente, um dos mais importantes fatores de produtividade para a agricultura, além disso, na Europa, tem sido citada como método mais racional para realizar a otimização da adubação respeitando o meio ambiente dentro da chamada agricultura sustentável (López Cadahia, 1998).

Vivancos (1993) define a fertirrigação como a aplicação dos fertilizantes e, mais concretamente dos elementos nutritivos que as culturas necessitam, junto com a água de irrigação. Trata-se, portanto, de aproveitar os sistemas de irrigação como meio de distribuição destes elementos nutritivos.

Fertirrigação é o termo utilizado para descrever a introdução e a aplicação simultânea de água e fertilizantes no solo, pôr meio de um sistema de irrigação. Ela pode ser mineral ou orgânica, quando se trata de distribuição de adubos químicos ou resíduos orgânicos (Hernandez, 1994).

Quando se utilizam sistemas de irrigação localizada, as perdas de produtos químicos devido aos fatores atmosféricos adversos, como deriva pelo vento, são mínimas, então se tem redução da contaminação ambiental (Frizzone & Botrel, 1994).

Kalil (1992) comparando adubação nitrogenada convencional e fertirrigada por gotejamento, verificou que a fertirrigação teve melhores resultados em todas as características analisadas, inclusive com níveis inferiores de nitrogênio, demonstrando maior eficiência do sistema, com economia de 80% de adubo utilizado.

Segundo Hernandez (1994), e Frizzone & Botrel (1994), a fertirrigação apresenta diversas vantagens: a distribuição do fertilizante aplicado pela fertirrigação é mais homogênea; a eficiência do uso dos fertilizantes é maior, resultando em economia de fertilizantes; através de um manejo adequado da irrigação, pode-se controlar a profundidade de aplicação dos nutrientes; a aplicação pode ser feita todas as vezes que se realiza a irrigação; permite a aplicação das doses nutritivas necessárias nas épocas requeridas, colocando os íons na solução do solo na forma facilmente assimilável pela cultura.

Todos estes fatores contribuem para que a fertirrigação seja uma técnica que resulte em aumento de produtividade e melhoria da qualidade, por proporcionar um maior controle sobre o manejo nutricional da cultura. Diversos equipamentos são



utilizados na injeção de fertilizantes e outros produtos químicos na água de irrigação, (Frizzone & Botrel, 1994). O injetor tipo Venturi, é uma peça especial, acoplada à linha de irrigação ou em “by pass”, e baseia-se no princípio de transformação de formas de energia, ou seja, a energia de velocidade da água dentro da tubulação transforma-se em energia de pressão. É formado por uma seção gradual convergente, passando numa seção constrita constante e em seguida numa gradual transição ampliadora, retornando ao diâmetro original da linha de irrigação. No momento de passagem pela seção constrita, cria-se um diferencial de pressão que succiona a solução de fertilizante do tanque para a linha lateral ou principal. Não requer energia externa para sua operação, não possui partes móveis, tem vida útil longa, é de simples manutenção e baixo custo de aquisição. Tem como desvantagem, a elevada perda de carga, que pode variar entre um terço a 50% da pressão de serviço, (Sousa et al, 1998; Costa & Brito 1994).

## **5. MATERIAL E MÉTODOS**

### **5.1. Localização e caracterização da área experimental**

O experimento foi desenvolvido em área aberta, situado no campo experimental do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA), UNESP, Campus de Botucatu-SP, durante o período de agosto a novembro de 2001. As coordenadas geográficas estão definidas como: 22<sup>o</sup> 51' 03'' de latitude Sul e 48<sup>o</sup> 25' 37'' longitude Oeste, com altitude de 786m. De acordo com a classificação de Koeppen, o clima da região é do Cfa – moderado chuvoso, apresentando quatro a seis meses consecutivos com temperaturas médias do ar superiores a 10<sup>o</sup>C. A temperatura média do ar é de 22<sup>o</sup>C no mês mais quente e de 16,7<sup>o</sup>C no mês mais frio, sendo a média anual de 20,6<sup>o</sup>C. A precipitação pluviométrica anual média é de 1518,8mm, com valores médios de 229,5mm e 37,5mm para os meses de maior e menor precipitação, respectivamente (Martins, 1989).

O solo do local é classificado como Terra Roxa Estruturada intergreide para Latossolo Vermelho Escuro, textura média argilosa (Carvalho et al, 1983), correspondente a Nitossolo Vermelho transição para latossolo, textura média/argilosa (Embrapa, 1999). Nas Tabelas 2 e 3 são apresentados os resultados da análise química do solo da área experimental, executada pelo laboratório de Fertilidade do solo – setor de Ciência do solo do Departamento de Produção Vegetal – UNESP, Campus de Botucatu-SP, segundo método de Raij et al. (1987). Os resultados da análise das características físicas do solo, realizadas conforme Embrapa (1997), são apresentados na Tabela 4.

Tabela 2. Resultados da análise química do solo da área experimental. Fazenda Experimental Lageado, Botucatu-SP, 2001.

Prof.	pH	M.O.	P <sub>resina</sub>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	S
Cm	CaCl <sub>2</sub>	g.dm <sup>-3</sup>	mg.dm <sup>-3</sup>	-----mmol.dm <sup>-3</sup> -----								
0-20	4,1	16	2	5	64	2,0	11	4	17	81	21	50
20-40	4,4	15	2	4	42	1,0	14	4	19	61	31	50
40-60	4,7	10	2	1	36	4,1	16	5	25	61	41	25

Tabela 3. Características químicas do solo da área experimental. Fazenda Experimental Lageado, Botucatu-SP, 2001.

Prof. (cm)	Boro	Cobre	Ferro	Manganês	Zinco
	Mg.dm <sup>3</sup>				
0 – 20	0,16	7,4	33	11,1	0,7
20 – 40	0,11	6,2	27	8,1	0,4
40 – 60	0,11	4,1	17	3,2	0,1

Os dados apresentados na Tabela 4 indicam que este solo possui elevado teor de areia em todas as camadas analisadas, com quantidades reduzidas de silte. Apesar do elevado teor de areia, o solo possui textura argilosa em todas as camadas de 0 a 20; 20 a 40 e 40 a 60cm.

Tabela 4. Características físicas do solo da área experimental. Fazenda Experimental Lageado, Botucatu-SP, 2001.

Prof. (cm)	Dens. Solo (g.cm <sup>-3</sup> )	Dens. partículas (g.cm <sup>-3</sup> )	Areia total (%)	Argila (%)	Silte (%)	Textura do solo
0 – 20	1,28	2,42	52	37	11	Argilosa
20 – 40	1,29	2,42	50	37	13	Argilosa
40 – 60	1,42	2,50	52	37	11	Argilosa

Os pares de valores de umidade com base em volume e potencial matricial foram extraídos de Moura (1998), que realizou estudos no mesmo local, para as camadas 0–20; 20–40; e 40–60cm, e foram obtidas com amostras deformadas para as

seguintes tensões: 10; 30; 50; 100; 500; 1500kPa. Na tabela 5 são apresentados os valores de potenciais matriciais e respectivos teores volumétricos de água.

Tabela 5. Umidade com base em volume ( $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$ ) para diferentes valores de potencial matricial, em três camadas de solo. Fazenda Experimental Lageado, Botucatu-SP, 2001.

Potencial Matricial (-kPa)	Umidade com base em volume ( $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$ )		
	Camada de solo		
	0 – 20cm	20 – 40cm	40 – 60cm
10	0,2406	0,2972	0,2716
30	0,2320	0,2686	0,2460
50	0,2180	0,2520	0,2266
100	0,2029	0,2352	0,2110
500	0,1844	0,2178	0,1956
1500	0,1772	0,2073	0,1836

## 5.2. Cultivar utilizado

Utilizou-se a cultivar ARACY (IAC-2), de origem brasileira, desenvolvida pelo Instituto Agrônomo de Campinas. Este cultivar teve origem no cruzamento realizado em 1949, entre o cultivar norte-americano Kathadin e o holandês Profijit (sin. Prummel P. 299). Com plantas de porte alto (60-80cm), eretas, hastes vigorosas, tubérculos graúdos com formato arredondado-achatado, com olhos medianamente profundos, polpa e película amarela e meio áspera, com ciclo médio de 120 dias, apresentam teores de matéria seca relativamente elevados, para as condições brasileiras, (20-21%) e possui excelentes qualidades para uso culinário e industrial, especialmente para a produção de chips (Granja, 1995; Boock, 1976).

## 5.3. Delineamento experimental e caracterização dos tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o fatorial ( $2^2$  = dois sistemas de plantio pôr dois sistemas de irrigação), ao acaso, repetido em cinco blocos perfazendo um total de vinte parcelas (Tabela 6 e Figura 1).

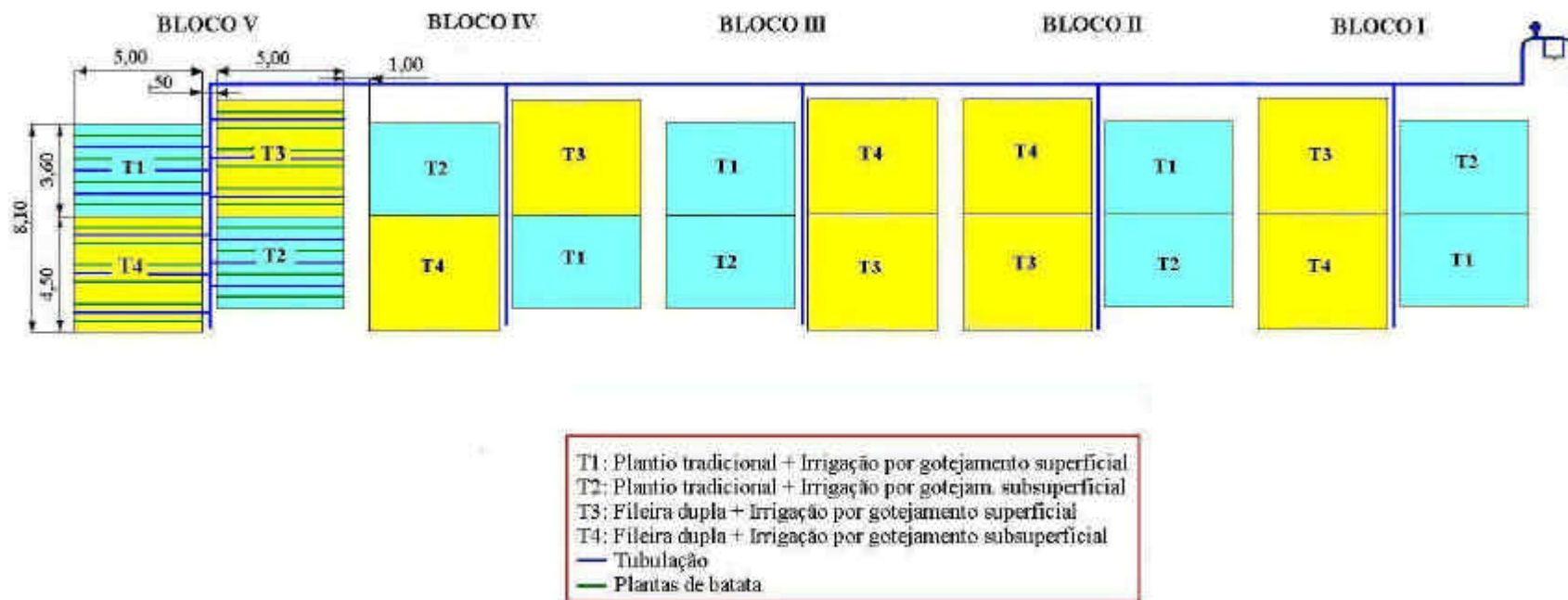


Figura 1. Detalhes gerais do experimento, Botucatu-SP, 2001

Dos quatro tratamentos avaliados envolveram a colocação do tubo gotejador em duas posições, sendo dois superficiais e dois subsuperficiais, decorrentes da combinação com dois sistemas de plantio:

- **Tratamento 1.** Plantio tradicional (PT) com sistema de irrigação por gotejamento superficial, constituído por 4 filas de plantas com 5 m de comprimento e 0,90m entre linhas, onde a posição da linha lateral ficou na superfície do solo, a uma distância entre os tubos gotejadores de 0,90m. (figura 2).
- **Tratamento 2.** Plantio tradicional (PT) com sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial, constituído por 4 filas de plantas com 5m de comprimento e 0,90m entre linhas, onde a posição da linha lateral ficou enterrada a 0,30m de profundidade, a uma distância entre os tubos gotejadores de 0,90m (figura 2).
- **Tratamento 3.** Plantio fileira dupla (FD) com sistema de irrigação por gotejamento superficial, constituída por 6 filas de plantas com 5m de comprimento e 0,60m entre cada 2 filas (fileira dupla), e 1,50m entre cada fileira dupla, onde a posição da linha lateral ficou na superfície do solo, a distância entre os tubos gotejadores foi 1,50m (figura 3).
- **Tratamento 4.** Plantio fileira dupla (FD) com sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial, constituída por 6 filas de plantas com 5m de comprimento e 0,60m entre cada 2 filas (fileira dupla), e 1,50m entre cada fileira dupla, onde a linha lateral ficou a 0,30m de profundidade, a uma distância entre os tubos gotejadores 1,50m. (Figura 3).

Tabela 6. Esquema de análise de variância do experimento.

Causas de variação	Graus de liberdade
Blocos (tratamentos)	4 (3)
Sistema de plantio	1
Irrigação	1
Sistema de plantio x Irrigação	1
Resíduo	12
Total	19

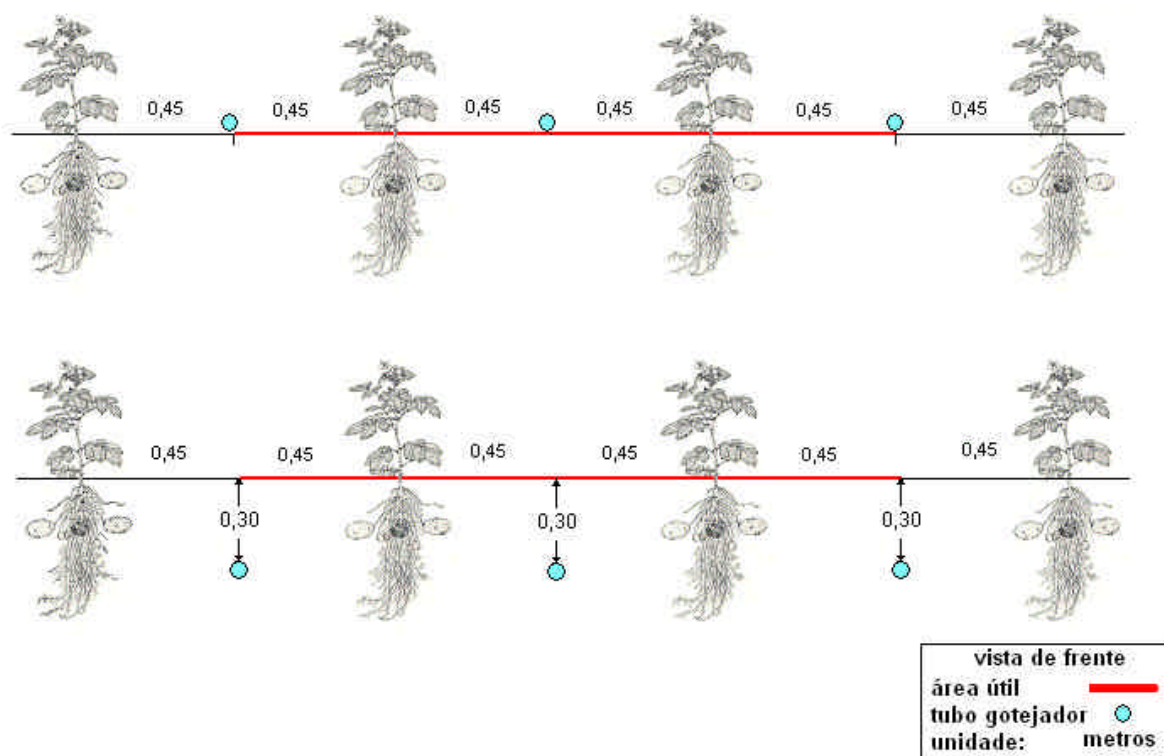


Figura 2. Posição do tubo gotejador nos tratamentos 1 e 2 (Plantio tradicional).

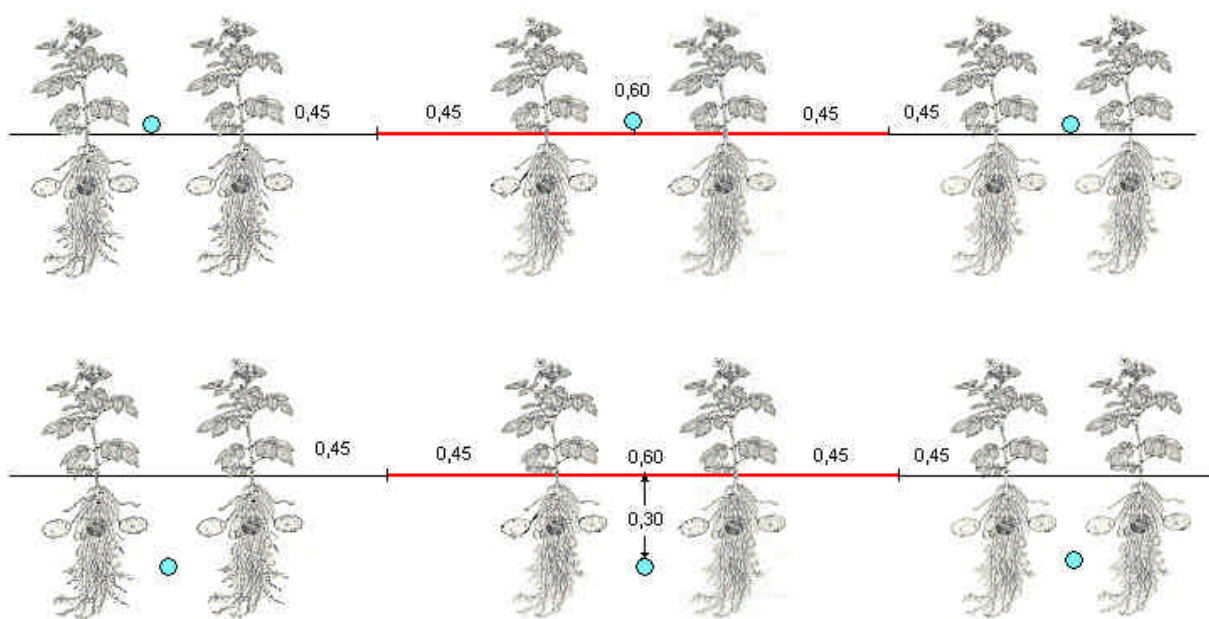


Figura 3. Posição do tubo gotejador nos tratamentos 3 e 4 (Plantio fileira dupla).

Tabela 7. Caracterização dos tratamentos.

Trat.	Sistema de Plantio	Localização e profundidade do tubo gotejador	Área total (m <sup>2</sup> )	Área útil (m <sup>2</sup> )	Nº Filas de plantas	Nº Plantas avaliadas
T <sub>1</sub>	Tradicional (PT)	Superficial	18.00	7.2	4	22
T <sub>2</sub>	Tradicional (PT)	Subsuperficial (30cm)	18.00	7.2	4	22
T <sub>3</sub>	Fileira dupla (FD)	Superficial	22.50	6.0	6	22
T <sub>4</sub>	Fileira dupla (FD)	Subsuperficial (30cm)	22.50	6.0	6	22

A área útil da parcela foi constituída pelas 2 fileiras centrais, com um total de 22 plantas úteis, todas as plantas foram para medidas relativas aos componentes de produção (Figura 4).



Figura 4. Vista parcial do experimento, Fazenda Experimental Lageado, Botucatu-SP. 2001.



#### 5.4. Equipamentos de Irrigação

Utilizou-se um sistema de irrigação por gotejamento (tubo gotejador Chapin), com espaçamento entre saídas de gotas de 20cm, com emissores labirinto integrado à própria parede do tubo, com uma vazão de  $3,73\text{L}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ; controladas por um registro de  $\frac{3}{4}$ ". As linhas laterais foram conectadas às linhas de derivação de canos de polietileno com diâmetro externo de 20mm, as quais conduziram a águas às parcelas. A estação de controle constou de: manômetro com glicerina; injetor de fertilizante Venturi; regulador de pressão para possibilitar uma pressão constante de 7mca, filtro de disco com 150mesh com a função de reter possíveis partículas em suspensão na água de irrigação.



Figura 5. Detalhe da estação de controle, Fazenda Experimental Lageado, Botucatu-SP. 2001.

### 5.5. Instalação e avaliação do sistema de irrigação e condução da cultura.

O campo experimental foi preparado pelo método convencional, com o equipamento: tritom, subsolador, arado e grade. A calagem do solo foi realizada 60 dias antes do plantio, e constou de uma dosagem de  $1,96\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$  de calcário dolomítico (PRNT de 90%), de acordo com a análise química do solo e com a recomendação em se elevar a um valor de 60% a saturação por bases (V%) do solo, conforme recomendado por Raij et al. (1996).

Nos tratamentos com irrigação subsuperficial, fez-se manualmente a abertura de pequenas valetas para assentamento de tubo gotejador a uma profundidade de 0,30m para garantir o adequado funcionamento do tubo. Fez-se à pressurização do sistema, com o conseqüente enchimento das mangueiras e poder realizar o fechamento das valetas sem risco de estrangulamento na tubulação ou possíveis vazamentos (Figura 6). Sua instalação procedeu-se manualmente, com os emissores voltados para o lado de cima.



Figura 6. Instalação dos tubos gotejadores nas parcelas de irrigação subsuperficial, Fazenda Experimental Lageado, Botucatu-SP, 2001.

Para a determinação da vazão dos gotejadores e dos coeficientes de uniformidade de distribuição da água do sistema de irrigação, amostraram-se pontos utilizando-se uma adaptação à metodologia proposta por Merrian, Keller & Alfaro, conforme descrito por Pinto et al (1991), que consiste na coleta de dados de quatro emissores distintos, no início, 1/3, 2/3 e última linha de irrigação.

Para o cálculo do coeficiente de uniformidade de distribuição de água, utilizou-se a seguinte expressão (Pinto et al, 1991; Pizarro,1996).

$$CUD = 100 \left[ \frac{q_m}{Q} \right] \quad (\text{eq. 3})$$

em que:

*CUD*: coeficiente de uniformidade de distribuição (%);

$q_m$ : média de ¼ dos menores valores obtidos ( $L.h^{-1}$ );

*Q*: média das vazões coletadas ( $L.h^{-1}$ ).

Os sulcos de plantio foram abertos manualmente aproximadamente 0,15m de profundidade, nos quais foram colocadas as batatas-sementes previamente brotadas, (1 de agosto de 2001). Após o plantio e antes do início da diferenciação dos tratamentos foram efetuadas irrigações em toda a área experimental, com intervalos periódicos de dois dias até o décimo dia, com a finalidade de uniformizar o teor de água no solo, próximo à capacidade de campo. Este procedimento possibilitou a brotação e o estabelecimento da cultura de batata.

Efetuuou-se a adubação em observância à análise de solo, seguindo as recomendações de Raij et al, (1996) e Villas Bôas (2001)<sup>2</sup> em conformidade com os resultados da análise química do solo, constante na Tabela 8.

<sup>2</sup>VILLAS BÔAS, R. L., Botucatu: Departamento de Ciências do solo, FCA/UNESP 2001 (Informação Verbal).

Tabela 8. Fertilizantes utilizados na adubação do experimento. Fazenda Experimental Lageado, Botucatu-SP, 2001.

Fertilizante	Adubação de plantio (kg.ha <sup>-1</sup> )	Adubação de cobertura (kg.ha <sup>-1</sup> )	Total adubação (kg.ha <sup>-1</sup> )
N	40	80	120
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	300	----	300
K <sub>2</sub> O	50	100	150

## 5.6. Manejo da irrigação e fertirrigação

Os valores de evaporação medidos no tanque Classe A, em geral, superestimam a evapotranspiração da cultura. Doorenbos & Pruitt (1976) apresentam, coeficientes do tanque Classe A denominado ( $K_p$ ) multiplicados a sua evaporação, permitem estimar a evapotranspiração de referência  $ET_o$ .

A evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ) foi determinada por meio da seguinte equação:

$$ET_o = K_p * ECA \quad (\text{eq. 4})$$

em que:

$K_p$ : Coeficiente do tanque Classe A;

ECA: Evaporação do tanque em mm.

O coeficiente do tanque Classe A ( $K_p$ ) utilizado foi o proposto por Doorenbos & Pruitt (1976), o qual é função da velocidade do vento ( $V$ ) em km.dia<sup>-1</sup>, da umidade relativa do ar ( $UR$ ) em %, bem como das condições de exposição do tanque e tamanho da bordadura em m.

Vale mencionar que diversos pesquisadores como Villa Nova & Reichards (1989), citados por Moura (1990), Encarnação (1987), Saad & Scaloppi (1988), Klar (1984), consideram o método do tanque Classe A como o mais preciso dos métodos indiretos de estimativa de evapotranspiração de referência.

O manejo da irrigação foi feito através do tanque Classe A. Os dados climatológicos, evaporação e precipitação foram obtidos diariamente, junto à Estação Climatológica da UNESP. Estes dados diários eram contabilizados e, ao se atingir o valor pré-estabelecido de  $ECA_{acum}$ , eram realizadas as irrigações (Tabelas 10a, 10b, 10c).

A evaporação do tanque Classe A (ECA) relativa a evapotranspiração máxima da cultura, corresponde ao momento de irrigar, foi estabelecida a partir dos dados da Curva de Retenção de Água no Solo ( $q_{cc}$  e  $q_{PMP}$ , correspondentes às tensões de 10kPa e 1500kPa, respectivamente) e de parâmetros relacionados às exigências hídricas da cultura da batata sugeridos por Marouelli & Carrijo (1987). Os parâmetros são os seguintes:

- $AD = 0,40$  CAD (Marouelli et al, 1996)
- Profundidade do sistema radicular  $Z = 0,30$ m
- Kc de Estagio I (Até a emergência) = 0,10
- Kc de Estagio II (vegetativo) = 0,60
- Kc de Estagio III (estolonização e tuberização) = 1,12
- Kc de Estagio IV (maturação e senescência) = 0,70

Para o coeficiente de cultura (Kc), foi utilizado a média dos coeficientes obtidos por Pereira (1991), para cada fase vegetativa.

Outros dados utilizados para a determinação do momento de irrigar foram a media dos coeficientes do tanque nas diferentes fases vegetativas. A seguir, descreve-se a seqüência de cálculos utilizada na determinação da  $ECA_{irrigar}$ , como definição do momento de irrigar:

$$CAD = (q_{cc} - q_{PMP}) * z \quad (\text{eq. 5})$$

em que:

$CAD$ : capacidade de água disponível no solo (mm);

$q_{cc}$ : umidade do solo (base volume) na capacidade de campo ( $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ );

$q_{PMP}$ : umidade do solo (base volume) no ponto de murcha permanente ( $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ );

$z$ : profundidade efetiva do sistema radicular da cultura (mm).

$$AD = 0,4 * CAD \quad (\text{eq. 6})$$

em que:

*AD*: água disponível no solo (mm)

$$ECA_{irrig} = \frac{ET_{c(max)}}{(Kc * Kp)} \quad (\text{eq. 7})$$

em que:

*ET<sub>c(max)</sub>*: Evapotranspiração máxima da cultura (mm);

*ECA<sub>irrig</sub>*: Somatória das evaporações do tanque Classe A, correspondente ao momento de irrigar (mm), para cada fase vegetativa;

*Kc*: media dos coeficientes de cultura para cada fase vegetativa (adimensional);

*Kp*: media do coeficiente do tanque para cada fase vegetativa (adimensional).

$$ECA_{acum} = \sum_{i=1}^n (ECA_i - P_i) \quad (\text{eq. 8})$$

em que:

*ECA<sub>acum</sub>*: evaporação do tanque Classe A acumulada (mm);

*ECA*: evaporação diária do tanque Classe A (mm);

*P*: precipitação diária (mm);

*i*: dia.

Para este solo, utilizando as equações 6 e 7, calculou-se a *ECA<sub>irrig</sub>* correspondente ao momento de irrigar, com valores de 27,38; 13,54 e 17,47mm, para as fases: vegetativo, estolonização-tuberização e maturação-senescência, respectivamente (equivalente a 9,2mm de *ET<sub>c-acumulada</sub>*). Quando a somatória de (*ECA<sub>i</sub>-P<sub>i</sub>*) diários (eq. 8), atingisse estes valores, eram efetuadas as irrigações. Realizada a irrigação, o valor de *ECA<sub>acum</sub>* retornava a zero, reiniciando a somatória. No estabelecimento da cultura (emergência), foi utilizado o manejo turno de irrigação fixo e lâmina variável (cada 2 dias).

A fertirrigação foi aplicada com frequência de duas vezes por semana para todos os tratamentos. Para sua realização foi utilizado um tanque de diluição de 20L, onde o fertilizante foi solubilizado em água antes de ser injetado. O injetor do tipo Venturi succionava a solução nutritiva e injetava essa solução dentro da tubulação do sistema de irrigação (fertirrigação), que por sua vez distribuía esta solução para todas as parcelas. Após o início da operação de irrigação, foi estabelecido um tempo de 8 minutos para o preenchimento das tubulações com água, de forma a atingir uma uniformidade de aplicação maior. Ao final da aplicação, o sistema permanecia funcionando, de forma a eliminar os fertilizantes ainda presentes nas tubulações.

Como fontes de nutrientes foram utilizadas: uréia (45% de N), e cloreto de potássio (60% de K<sub>2</sub>O). A primeira aplicação foi 14 DAP até os 84 DAP (dias após o plantio), com um total de 21 aplicações. Como fonte de fósforo, foi aplicado o superfosfato triplo com 100% no plantio, isto devido a sua baixa mobilidade. Todas as adubações de cobertura foram realizadas através da fertirrigação.

Tabela 9. Fertilizantes utilizados no plantio, cobertura, e número de aplicações via fertirrigação. Botucatu-SP.2001.

Fertilizante	Adubação plantio (kg.405m <sup>-2</sup> )	Adubação cobertura (kg.405m <sup>-2</sup> )	Total (kg.405m <sup>-2</sup> )	Aplicações via fertirrigação
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	8,100	----	8,100	----
CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	----	7,200	7,200	21
Super Fosfato S.	60,750	----	60,750	----
KCl	3,375	6,750	10,125	21

## 5.7. Práticas culturais

O controle químico das plantas daninhas foi efetuado com a aplicação em pré-emergência do produto Metribuzin, na dosagem de 1,0L.ha<sup>-1</sup> e volume de calda de 400L.ha<sup>-1</sup>. Durante o ciclo da cultura também foram realizadas capinas manuais.

Para o controle das pragas e doenças foram feitas aplicações de forma preventiva, segundo as variações climáticas e as observações no campo, utilizando-se produtos

recomendados para a cultura de batata, descritos no Tabela 10. No total foram aplicadas 7 pulverizações na área experimental.

Tabela 10. Esquema de tratamento fitossanitário empregado no cultivo de batata. Fazenda Experimental Lageado, Botucatu-SP, 2001.

Data da Aplicação	Principio ativo	Dosagem e produto comercial	Praga/doença
28/08	Methamidophós	Ortho Hamidop (0,6L.ha <sup>-1</sup> )	Pulgões e vaquinhas
12/09	Cymoxanil	Curzate M+ZN (2,0kg.ha <sup>-1</sup> )	Pinta preta
19/09	Methamidophós	Ortho Hamidop (0,6L.ha <sup>-1</sup> )	Pulgões e vaquinhas
26/09	Mancozeb	Persist (3,0L.ha <sup>-1</sup> )	Requeima
	Abamectin	Vertimec 18 CE (0,3L.ha <sup>-1</sup> )	Minadora
03/10	Cymoxanil	Curzate M+ZN (2,0kg.ha <sup>-1</sup> )	Pinta preta
15/10	Mancozeb	Persist (3,0L.ha <sup>-1</sup> )	Requeima

Foram realizadas duas amontoas para favorecer o desenvolvimento das plantas por ocasião da tuberização, de maneira que não sofressem a incidência da radiação solar. Tal pratica foi feita manualmente e no estádio que estavam exigindo tal providencia.

## 5.8. Características agronômicas avaliadas

No decorrer do experimento foram avaliadas as seguintes variáveis, sempre considerando a média de área útil experimental de cada parcela:

### 5.8.1. Emergência de planta (%)

Avaliou-se aos 10 e 13 dias após o plantio (DAP), o número de plantas emergidas em cada parcela experimental, em relação ao número de tubérculos semente plantados. Adotou-se como emergência plena o aparecimento de pelo menos 50% das hastes das plantas acima do nível do solo.



### 5.8.2. Altura de plantas (cm)

A altura das plantas foi medida antes da primeira amontoa e quando estava em plena floração, com auxílio de uma fita métrica. Tomou-se a medida da haste principal de 7 plantas, ao acaso, na área útil de cada parcela experimental.

### 5.8.3. Diâmetro de hastes (mm)

O diâmetro de hastes foi medido com paquímetro a altura de 10 cm de solo. Foram feitas estas medições antes de primeira amontoa e quando as plantas alcançaram plena floração, num total de 7 plantas ao acaso.

### 5.8.4. Número e densidade de hastes (hastes/planta e hastes/m<sup>2</sup>).

Avaliou-se o número de hastes antes da primeira amontoa, amostrando-se 7 plantas representativas na área útil de cada parcela experimental, contando-se o número de hastes. Fez-se o cálculo da densidade de hastes pela fórmula (Semillas sz, s.d.):

$$DH = \frac{H}{(ML * EL)} \quad (\text{eq. 9})$$

onde,

DH: densidade de hastes (hastes/m<sup>2</sup>);

H: número total de hastes;

ML: metros lineares de sulco (m);

EL: espaçamento entre linhas (m).

### **5.8.5. Produção de tubérculos**

Com objetivo de avaliar o comportamento final da cultura, os tubérculos foram classificados, pesados e avaliados quanto a produção e qualidade. Ao proceder-se a colheita de todas as plantas contidas nas linhas centrais de cada parcela (área útil), em todos os tratamentos do experimento, foram retiradas o excesso de solo aderido, antes da pesagem, e estimou-se a produção a nível de rendimento por hectare para todos os tratamentos. Obtendo-se a produtividade total de tubérculos.

#### **5.8.5.1 Produtividade total comercial dos tubérculos (kg.ha<sup>-1</sup>)**

Matéria fresca de tubérculos com diâmetro superior a 20mm (Brasil, 1977); descartando-se aqueles tubérculos que não atingiram o padrão comercial (tubérculos com defeitos: Rachaduras, vitrificado, embonecamento, dano superficial ou profundo, etc).

#### **5.8.5.2 Produtividade da batata tipo I (kg.ha<sup>-1</sup>)**

Denominada também classe especial, para esta característica agrônômica foram selecionados os tubérculos com diâmetro transversal superior a 45mm (Brasil, 1977).

### **5.8.6. Peso específico ou densidade relativa dos tubérculos (Kg.L<sup>-1</sup>)**

Utilizou-se uma amostra aleatória de três tubérculos, de cada parcela. Estes foram lavados e secos a sombra. Cada tubérculo foi pesado ao ar livre (Y) e na água destilada (X), em balança hidrostática de precisão com capacidade para 10kg e precisão de 1g. A densidade relativa foi determinada pelo quociente entre o peso no ar, e a diferença entre o peso no ar e peso na água (Granja, 1995).

$$PE = \frac{Y}{(Y - X)} \quad (\text{eq. 10})$$

em que:

PE: peso específico ( $\text{kg.L}^{-1}$ );

Y: peso ao ar (g);

X: peso na água (g).

### **5.8.7. Teor de matéria seca dos tubérculos (%)**

Foi calculada de forma indireta utilizando-se os resultados de peso específico dos tubérculos (PE), que foi transformado em porcentagem de matéria seca pela equação de Schippers (1976).

$$MS = (221,2 * PE) - 217 \quad (\text{eq. 11})$$

em que:

MS: teor de matéria seca (%);

PE: Peso específico ( $\text{kg.L}^{-1}$ ).

### **5.9. Análises estatísticas dos resultados**

Para a análise estatística empregou-se o software ESTAT versão 2.0, sendo utilizado o teste F para a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## **6. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **6.1. Condições meteorológicas**

Os dados relativos às temperaturas médias, máximas e mínimas, velocidade do vento e umidade relativa, foram obtidos no posto meteorológico do Departamento de Recursos Naturais, Área de Ciências Ambientais. Os dados referentes à evaporação da água do Tanque Classe A e precipitação pluvial foram obtidos na estação meteorológica do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agronômicas UNESP.

Na Figura 7 são apresentadas as variações da temperatura média, mínima e máxima do ar. A partir desta figura pode-se observar que a temperatura média do ar durante o estágio de estolonização e tuberização foi de 18,79°C. Mas, observando-se as temperaturas máximas durante esta fase, na maioria dos dias obteve-se valores acima dos 20°C, chegando inclusive a valores superiores a 30°C. Segundo Antunes & Fortes (1981), de um modo geral, a temperatura média do ar ótima para a cultura da batata está entre 10 e 20°C. Durante o experimento a temperatura média obtida manteve-se nesta faixa, mas as máximas temperaturas registradas durante o desenvolvimento das plantas, provavelmente acarretaram alguns efeitos deletérios sobre o período de tuberização e desenvolvimento dos tubérculos, o que pode ter interferido no desempenho produtivo e na qualidade dos mesmos.

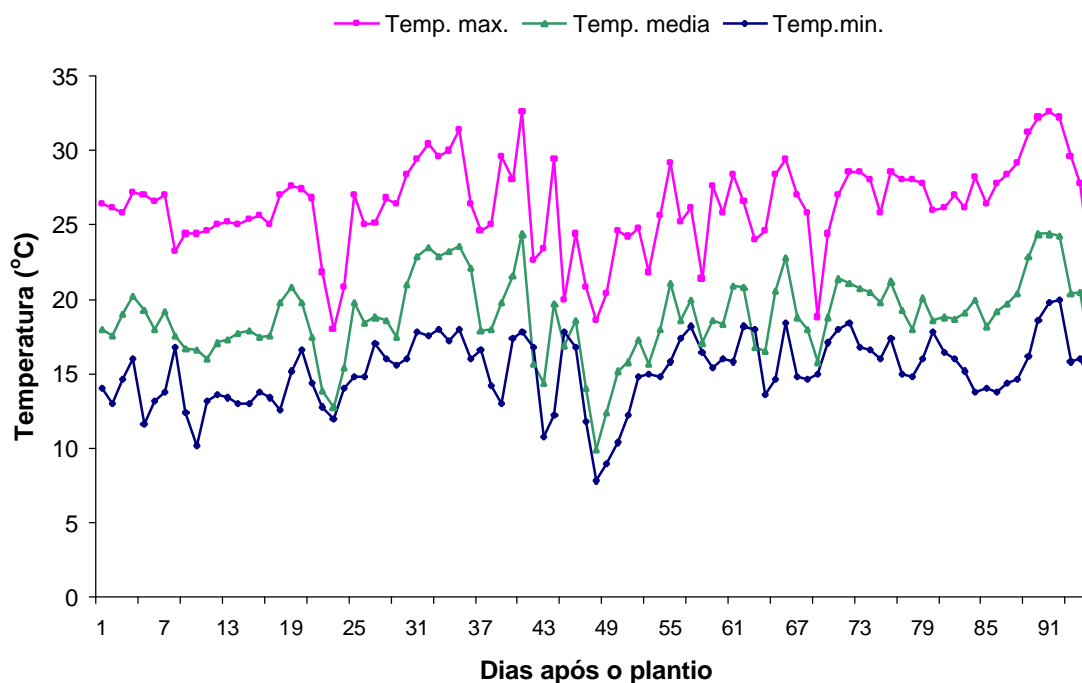


Figura 7. Valores diários de temperatura máxima, média e mínima, no período de agosto a novembro de 2001, Botucatu-SP.

Na figura 8 são apresentados os valores diários da evaporação do Tanque Classe A, em que, observa-se que a média da evaporação foi de 4,62mm, apresentando seu valor máximo de 9,45mm aos 86 dias após o plantio. Este valor provavelmente foi devido à temperatura que chegou próxima aos 30°C. Os resultados relativos à precipitação pluvial e irrigação são apresentados na Figura 9. Pode-se observar que, durante o experimento houve um total de 19 precipitações pluviais, sendo a primeira precipitação 22 dias após o plantio (DAP). O total da precipitação pluviométrica, durante o desenvolvimento das plantas foi de 255,55mm, com esta precipitação não seria necessária à irrigação suplementar, mas, como pode-se observar na Figura 9, aos 79 dias após o plantio (DAP), ocorreu uma precipitação de 56mm, onde somente 7,79mm foi aproveitada (Tabela 10a, 10b e 10c do anexo). Do total da precipitação, foram aproveitados pela batata, somente 58,45mm. A lâmina d'água aplicada no experimento através da irrigação suplementar, está representada na Figura 9. Os tratamentos exigiram 27 irrigações para atender a reposição do teor de água no solo, até a capacidade de

campo, num total de 123,19mm. Aos 84 DAP, as irrigações foram suspensas, em concordância com Marouelli et al. (1996), que recomenda interromper as irrigações dez dias antes da colheita, quando se tem valores menores que 5mm de evapotranspiração e solos de textura fina.

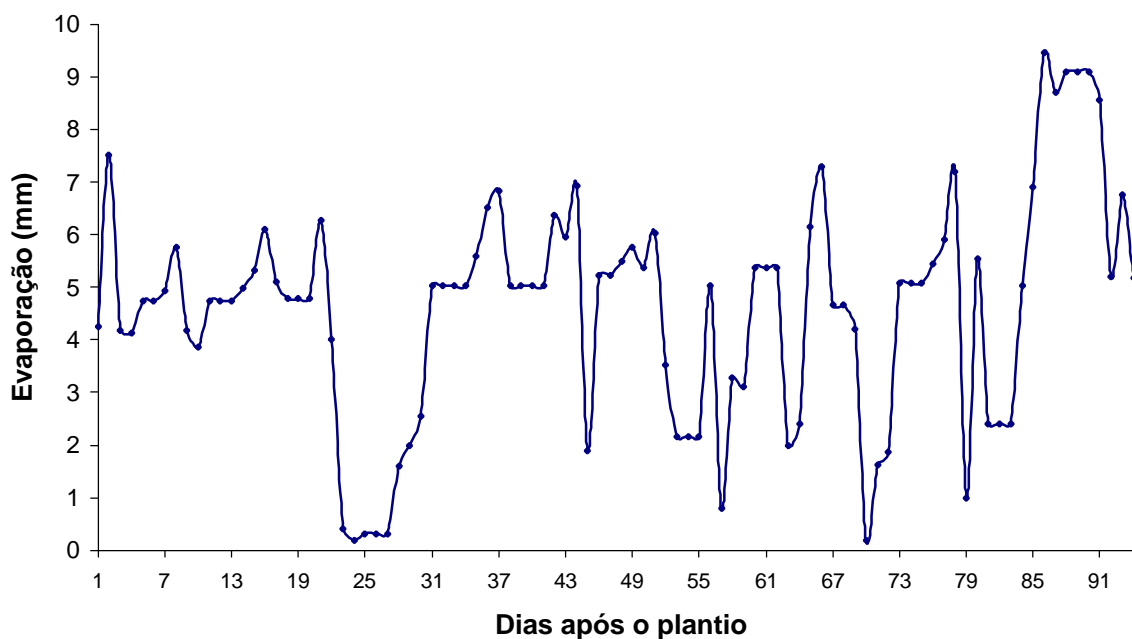


Figura 8. Valores diários de evaporação do Tanque Classe A no período de agosto a novembro de 2001, Botucatu-SP.

Foram utilizados tensiômetros com a finalidade de monitorar o teor de água no solo, para que este se mantivesse próximo à capacidade de campo.

Nas Tabelas 10a, 10b e 10c do anexo, são apresentados os valores de velocidade do vento, umidade relativa, coeficiente de correção de tanque Classe A, evaporação do tanque, coeficiente de cultura, evapotranspiração da cultura, precipitação pluvial, irrigação e capacidade de água disponível, referentes à Ficha do Controle Climatológico de Irrigação deste experimento.

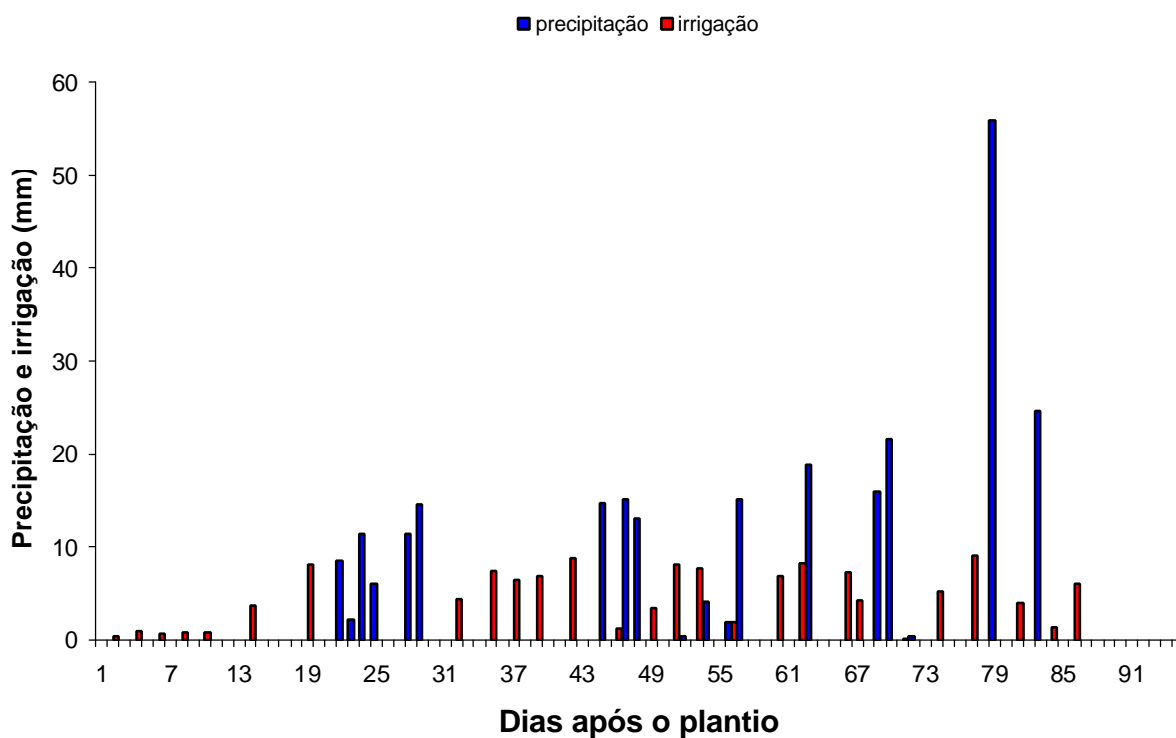


Figura 9. Valores diários da precipitação pluviométrica e distribuição da irrigação no período de agosto a novembro de 2001, Botucatu-SP.

## 6.2. Determinação da Evapotranspiração da Cultura (ETc)

A duração das fases fenológicas e as necessidades hídricas da cultura da batata são bastante variáveis, dependendo principalmente, das condições edafoclimáticas predominantes do local e da duração do ciclo da cultura, segundo Doorenbos & Kassam (1979). No presente trabalho, adotou-se quatro fases no estudo fenológico da cultura visando uma maior sensibilidade, em concordância com Pereira (1991) e Aguiar Netto (1997), que trabalharam com um cultivar de batata com ciclo médio de 100 dias em condições climáticas de Botucatu-SP. A evapotranspiração mínima da cultura quantificada através da evaporação do tanque Classe A, ocorreu no dia 24 de agosto com um valor de 0,08mm e a máxima no dia 24 de outubro, 4,98mm.

A primeira fase, da emergência, durou aproximadamente 10 dias e foi caracterizada pelo período compreendido entre o plantio das batatas-semente até a condição de mais de 50% das plantas emergidas. Nesta etapa as plantas contavam com tamanho reduzido e propiciaram pequena cobertura do solo, o que justifica o baixo consumo hídrico, que foi, em média,  $0,38\text{mm}\cdot\text{dia}^{-1}$  (Figura 10), uma vez que o processo da perda de água do sistema solo-planta para a atmosfera vinha sendo governado basicamente pela evaporação do solo.

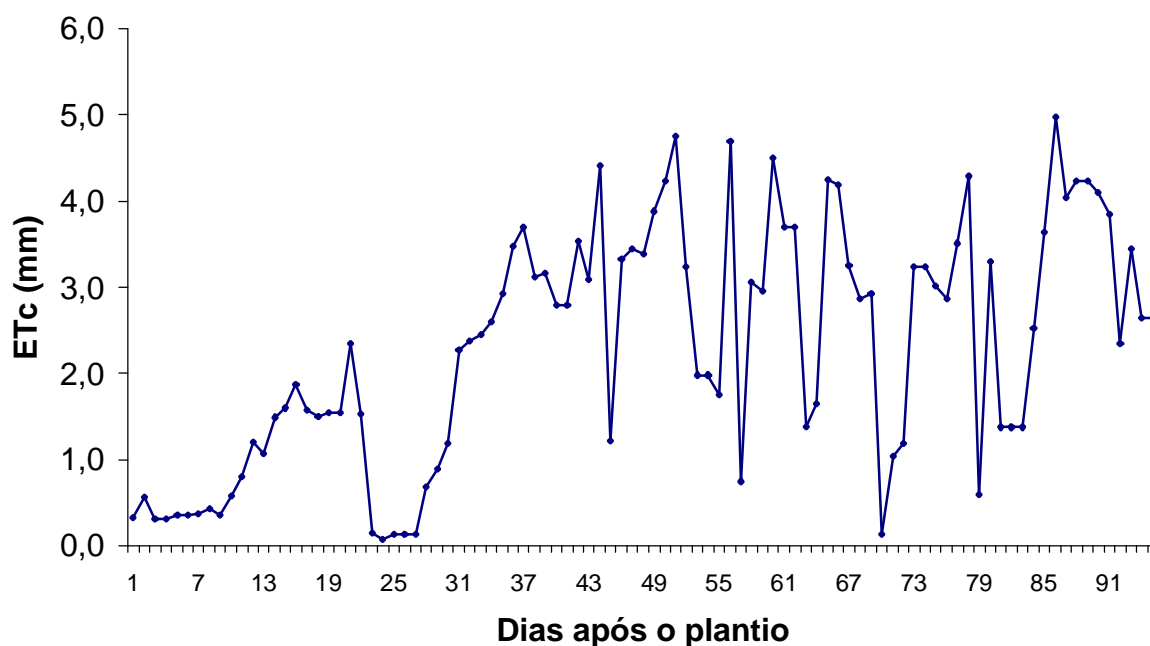


Figura 10. Valores de evapotranspiração da cultura, no período de agosto a novembro de 2001, Botucatu-SP.

A segunda fase, denominada fase vegetativa, teve a duração aproximada de 22 dias e foi considerada como sendo aquela que se estendeu desde o fim da emergência até a completa cobertura da área pelas plantas. Nesta fase houve um acréscimo no



consumo de água de 192,11%, mas como as plantas ainda exibiam pequeno porte, o consumo de água permaneceu baixo, com valor médio da ordem de  $1,11\text{mm.dia}^{-1}$ .

A terceira fase fenológica, definida como fase de estolonização e tuberização da cultura, prolongou-se por aproximadamente 43 dias. Esta fase teve um acréscimo de 164,86% no consumo de água e o valor médio observado foi da ordem de  $2,94\text{mm.dia}^{-1}$ . Para muitos autores esta fase é o período mais crítico ao déficit hídrico, uma vez que o suprimento inadequado de água provocaria decréscimos na produtividade, assim como, poderia dar origem a tubérculos deformados (Doorenbos & Kassan, 1979; Marouelli & Carrijo, 1987).

A quarta fase, aquela pertinente ao período de maturação-senescência, estendeu-se por um período aproximado de 21 dias, na qual o consumo hídrico também foi elevado, com um valor médio de  $3,06\text{mm.dia}^{-1}$ .

Pode-se observar que o consumo máximo médio diário foi obtido na fase da maturação-senescência e não na estolonização-tuberização como afirmam Bezerra et al. (1996) e Franke & Koning (1994), que indicam que o período mais crítico ao déficit hídrico é do início da estolonização até o início da tuberização. Este fato pode ser explicado pela coincidência com o período de maior demanda evaporativa da atmosfera, apresentando valores próximos à  $30^{\circ}\text{C}$  (Figura 7), conforme Encarnação (1987) que também obteve maior consumo na fase de maturação e senescência.

Observou-se que o valor médio de consumo total de água foi  $218,29\text{mm}$ , o que correspondeu a um consumo médio de  $2,30\text{mm.dia}^{-1}$ . Este valor médio do consumo total mostrou-se inferior aos valores da demanda climática ideal apresentados por Pereira (1991) e Encarnação (1987), com valores de  $2,77$  e  $2,71\text{mm.dia}^{-1}$ . Este menor consumo total de água pode ser explicado devido a um menor ciclo fenológico total da cultura que foi de 95 dias.

A colheita da batata foi realizada manualmente em toda a área útil experimental, no dia 3 de novembro de 2001. Nesta data, a cultura apresentava 95 dias de desenvolvimento.

### **6.3. Características agronômicas**

#### **6.3.1. Emergência**

Todos os tratamentos alcançaram emergência acima de 50% aos 10 dias após o plantio (DAP). Esta característica agronômica foi avaliada visualmente, contando o número de plantas emergidas. Vale comentar que as batatas-semente no plantio tinham brotos de 1,5cm aproximadamente, o quais provavelmente garantiram a emergência uniforme e rápida.

#### **6.3.2. Altura da planta**

Na Tabela 12, observam-se efeitos significativos para esta característica aos 25 DAP, com diferenças no fator sistemas de plantio, com resultados maiores no plantio FD com irrigação, sobre o PT com irrigação. Estes resultados permitiram inferir que estas diferenças devem-se a competição pelo espaço entre as linhas de plantio de cada FD, devido a uma maior densidade de plantas, fazendo que estas apresentassem crescimento acentuado, característico de plantas estioladas. Aos 54 DAP, não houve efeitos dos fatores sobre este parâmetro, assim na Tabela 11 observa-se que o tratamento correspondente ao sistema de plantio FD com irrigação por gotejamento subsuperficial, apresentou uma altura média de 72,69cm, enquanto o tratamento, PT com irrigação por gotejamento superficial, obteve um valor de 68,66cm, não apresentando diferenças com os outros tratamentos. Na Figura 11, verifica-se a diferença entre a altura das plantas aos 25 e 54 DAP.

O valor médio da altura das plantas foi de 70,46cm, sendo este valor próximo aos valores citados pelo Instituto Agronômico Campinas, que descrevem a cultivar Aracy como uma planta de porte médio de 60-80cm (Granja, 1995). Com estes resultados pode-se afirmar que o desenvolvimento da batata foi normal.

Tabela 11. Médias para altura de planta (cm), diâmetro de hastes (mm), número de hastes por planta, densidades de hastes (hastes por m<sup>2</sup>), produtividade total comercial (kg.ha<sup>-1</sup>), produtividade tipo I (kg.ha<sup>-1</sup>), matéria seca (%), avaliadas durante o experimento, Botucatu-SP, 2001.

T r a t	Sistema de plântio	Sistema de irrigação	Altura de planta (cm)		Diâmetro de hastes (mm)		Número de hastes	Densidade de hastes (m <sup>2</sup> )	Produtividade total comercial (kg.ha <sup>-1</sup> )	Produtividade Tipo I (kg.ha <sup>-1</sup> )	Matéria seca (%)
			25	54	25	54					
			DAP	DAP	DAP	DAP					
1	Tradicional	Superficial	21,06	68,66	2,66	10,04	4,20	15,55	30461,39	9554,47	20,70
2		Subsuperficial	19,41	69,71	2,58	11,17	4,49	16,61	32027,78	10016,76	20,44
3	Fileira Dupla	Superficial	22,14	70,78	2,88	10,81	4,09	18,16	33461,67	7488,03	20,17
4		subsuperficial	23,75	72,69	2,92	10,22	4,04	17,90	34088,33	7449,67	22,15

Tabela 12. Análise de variância de altura de planta, diâmetro de hastes, número e densidade de hastes, Botucatu-SP. 2001.

Causa de Variação	GL	Q					
		Altura de planta (cm)		Diâmetro de hastes (mm)		Número de hastes	Densidade de hastes
		25 DAP	54 DAP	25 DAP	54 DAP		
Blocos	4	1,85 NS	23,87 NS	0,11 NS	1,97 NS	0,65 NS	11,16 NS
Tratamentos	3	16,72 NS	15,89 NS	0,14 NS	1,36 NS	0,20 NS	7,31 NS
Sistema de plantio	1	36,83 *	32,61 NS	0,39 *	0,04 NS	0,39 NS	18,93 NS
Irrigação	1	0,002 NS	14,15 NS	0,002 NS	0,36 NS	0,07 NS	0,80 NS
S. plantio x Irrigação	1	13,32 NS	0,93 NS	0,02 NS	3,67 NS	0,14 NS	2,19 NS
Resíduo	12	5,36	15,82	0,07	0,87	0,55	8,94
Total	19						
Media		21,59	70,46	2,76	10,56	4,20	17,06
DMS		2,25	3,87	0,25	0,91	0,72	2,91
CV%		10,72	4,82	9,28	8,81	17,62	17,53

Tabela 13. Altura média das plantas (cm) e diâmetro médio de hastes (mm), para o fator sistema de plantio aos 25 DAP. Botucatu-SP, 2001.

Fator sistema de plantio	Tukey 0.05	
	Altura da planta	Diâmetro de hastes
	(25 DAP)	(25 DAP)
Fileira Dupla com Irrigação	22,95 a	2,90 a
Plantio Tradicional com Irrigação	20,24 b	2,62 b

Médias com as mesmas letras em cada coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

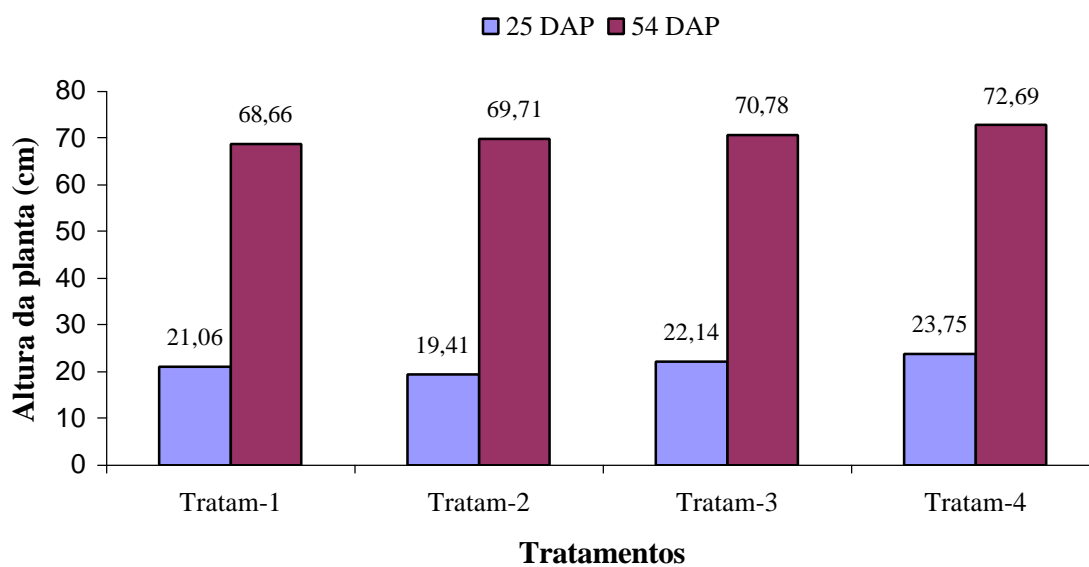


Figura 11. Altura das plantas da batata aos 25 e 54 dias após o plantio, Botucatu-SP. 2001.

### **6.3.3. Diâmetro de hastes**

Observando-se os valores das Tabelas 12 e 13, verificou-se diferença significativa a 95% de probabilidade aos 25 DAP. Para esta característica agronômica, os tratamentos com sistema de FD aos 25 DAP, tiveram maiores diâmetros de hastes com valores 2,88 e 2,92mm quando comparados aos sistemas de PT. Quando as plantas atingiram 54 DAP, não apresentaram diferenças estatísticas entre os sistemas de plantio. O tratamento PT e irrigação por gotejamento subsuperficial apresentaram o maior valor numérico de 11,17mm, quando comparado com os outros tratamentos. Este fato relacionasse com a utilização de uma só cultivar de batata, uma mesma lâmina de irrigação e mesma quantidade de fertilizante para todos os tratamentos, podendo-se inferir que os sistemas de irrigação e sistemas de plantio utilizados, não interferiram no diâmetro de hastes aos 54 DAP.

### **6.3.4. Número e densidade de hastes**

Os resultados analisados através das médias e da análise de variância (Tabela 11 e 12) não detectaram diferenças significativas entre estas variáveis. Observou-se que os valores de número de hastes/planta foram muito próximos entre as médias dos quatro tratamentos, sendo que este comportamento pode ser explicado por ter-se utilizado uma só cultivar de batata (Batata-semente tipo II). Filgueira (1987) relata que o número de hastes/planta são influenciadas diretamente pelo tamanho dos tubérculos-semente e o cultivar, concordando com Ramos (1995), que relatou que o maior tamanho do tubérculo-semente causou um aumento de número de hastes/planta na época das águas.

A densidade de hastes (número de hastes por unidade de área), define a verdadeira densidade da cultura da batata. Ela consiste do produto da densidade de plantas (número de plantas por unidade de área) pelo número de hastes por planta. O número de hastes afetará o rendimento, o tamanho dos tubérculos e a taxa de multiplicação (número de tubérculos por planta). Assim, esta variável é citada por vários autores (Ekanayake, 1994; Granja, 1995; Brinholi, 1995; Ramos 1995) como unidade básica da densidade de plantas que influencia a produção e qualidade da batata.

Na Tabela 12 verifica-se, estatisticamente, médias iguais nos fatores: sistema de plantio e sistema de irrigação. Assim, nos tratamentos onde foram utilizados o sistema de plantio FD, obteve-se maior densidade das hastes por  $m^2$ , cujo valor médio foi  $18,03 \text{ hastes.m}^{-2}$ , quando comparado com o sistema PT, com médias de  $16,08 \text{ hastes.m}^{-2}$  (Tabela 11). No sistema de plantio FD, obteve-se uma maior densidade de plantas ( $36667 \text{ plantas/ha}$ ), quando comparado com o sistema de PT ( $30556 \text{ plantas/ha}$ ), o que aumentou a densidade das hastes por unidade de área. Entretanto o número médio de hastes/planta foi maior para o sistema PT, devido a menor competição entre plantas. Os mesmos resultados foram obtidos por Ramos (1995), que indica que as ramas axilares da batata aumentam com a menor competição intra e inter planta. Neste experimento, o plantio FD apresentou uma maior competição inter plantas. O maior valor de densidade de  $\text{hastes.m}^{-2}$  foi obtido no sistema de plantio FD com  $18,16 \text{ hastes.m}^{-2}$  comparados com o de PT com  $16,62 \text{ hastes.m}^{-2}$ , concordando com os relatos de Filgueira (1987), Ramos (1995), Aguiar Netto (1997), de que há um maior número de  $\text{hastes.m}^{-2}$  quando se tem um maior número de densidade de plantas/ha.

Segundo Filgueira (1987), os bataticultores paulistas utilizam 11 a 15  $\text{hastes.m}^{-2}$ . Neste estudo foi encontrado um número maior de  $\text{hastes.m}^{-2}$ , de 15,55 a 18,16  $\text{hastes.m}^{-2}$ , para as condições de PT e FD, respectivamente. Estes valores são semelhantes aos encontrado por Ramos et al. (1990) que estudando a produção de batata-semente do cultivar Aracy (IAC-2), obtiveram 10,82 e 22,02  $\text{hastes.m}^{-2}$ , com a densidade de plantio de 25 a 55 mil plantas.ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

### **6.3.5. Produtividade da batata**

Foram comparadas as médias dos quatro tratamentos que, apresentavam igual número de plantas e diferentes áreas úteis. Posteriormente, foram feitas estimativas por hectare, os quais estão apresentados na Tabela 14.

Tabela 14. Comparação entre as médias dos tratamentos para diferentes parâmetros e valores estimados.

	Sistema de PT		Sistema de FD	
	Irrigação por gotejamento Superficial	Irrigação por gotejamento Subsuperficial	Irrigação por gotejamento Superficial	Irrigação por gotejamento Subsuperficial
Área útil (m <sup>2</sup> )	7,20	7,20	6,00	6,00
Kg/área útil	21,93	23,06	20,08	21,05
Nº de hastes.m <sup>-2</sup>	15,55	16,62	18,16	17,90
Nº plantas.ha <sup>-1</sup>	30555,56	30555,56	36666,67	36666,67
Kg/planta	0,99	1,05	0,91	0,96
Prod. total (kg.ha <sup>-1</sup> )	30458,33	32027,78	33466,67	35083,33
Prod. Tipo I (kg.ha <sup>-1</sup> )	9554,50	10016,80	7488,00	7449,70

No sistema de PT obteve-se produtividades de 21,93 e 23,06 kg/área-útil, para as condições de irrigação por gotejamento superficial e subsuperficial, respectivamente. No plantio FD obteve-se uma produtividade de 20,08 e 21,05 kg/área-útil, para as condições de irrigação por gotejamento superficial e subsuperficial, respectivamente. De acordo com os resultados obtidos, pode-se afirmar que não existiram diferenças significativas entre os quatro tratamentos. No sistema de plantio FD obteve-se maior produtividade total comercial e menor produtividade batata tipo I (diâmetro menor a 45mm).

Os resultados apresentados mostram que há uma resposta da produtividade ao aumento da densidade de hastes. Segundo Ramos (1995), o aumento da produtividade é ocasionado aumentando-se o tamanho da semente ou reduzindo-se o espaçamento, e que a natureza desta resposta muda em função do tamanho da semente, quantidade de adubo e classe de produtividade considerada. Verifica-se na Tabela 11, maiores produções econômicas para as maiores densidades de hastes, confirmando então que estes resultados concordam com a afirmação anterior.



### 6.3.6. Produtividade total comercial

A análise da variância para produtividade total comercial detectou diferenças significativas no fator correspondente a sistema de plantio, ao nível de 95% de probabilidade (Tabela 15). Na Tabela 16, observam-se diferenças no fator sistemas de plantio, com resultados maiores no plantio FD com irrigação, sobre o PT também irrigado, tendo uma produtividade de  $33,78\text{t.ha}^{-1}$  e  $31,24\text{t.ha}^{-1}$ , respectivamente, com um acréscimo de 7,49%. Assim, pode-se inferir que, o plantio FD apresentou elevada produtividade em função dos maiores valores encontrados para as variáveis: maior número de plantas por hectare e conseqüentemente maiores densidades de hastes. A comparação gráfica destes resultados está nas Figuras 12 e 13.

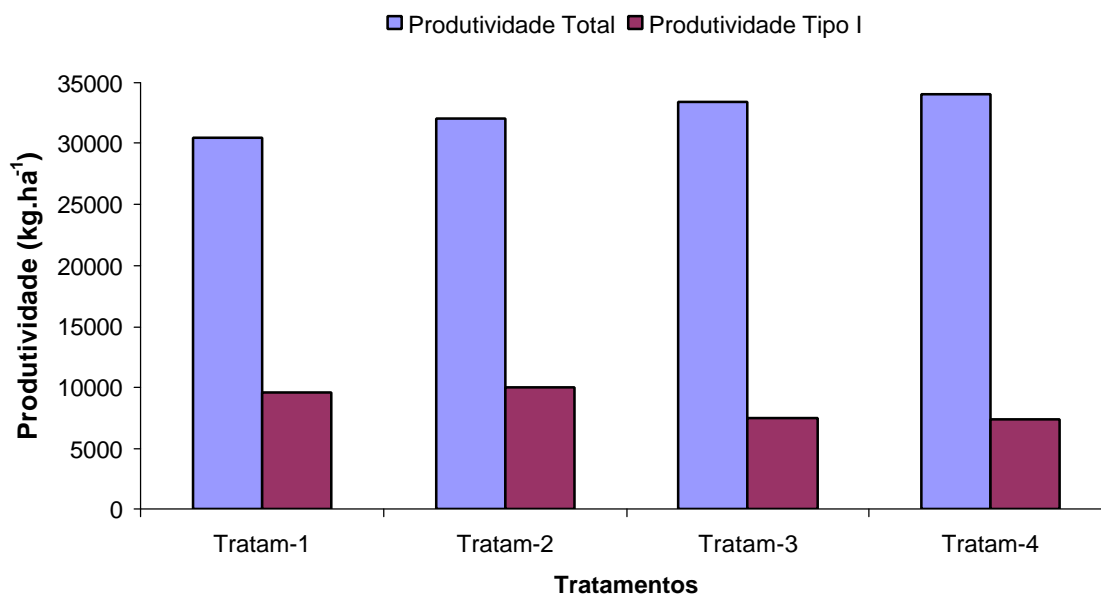


Figura 12. Produtividade total comercial,  $\text{kg.ha}^{-1}$  e produtividade de tubérculos tipo I,  $\text{kg.ha}^{-1}$ , dos tratamentos, Botucatu-SP. 2001.

As médias obtidas para a produtividade total comercial observada na colheita, são apresentadas a Tabela 11. Nela observa-se uma produtividade média de 30,46; 32,03; 33,46; 34,09t.ha<sup>-1</sup>, para os tratamentos T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> e T<sub>4</sub>, respectivamente. Estas médias foram maiores do que as obtidas por Aguiar Netto (1997), que atingiu 30,38t.ha<sup>-1</sup> como produtividade máxima, utilizando o mesmo cultivar Aracy nas condições de Botucatu-SP. Os resultados da produtividade alcançados neste trabalho, comparados com a média nacional, média da região Centro-Sul e média do estado de São Paulo, 15,00t.ha<sup>-1</sup>, 25,00t.ha<sup>-1</sup> e 21,30t.ha<sup>-1</sup>, respectivamente, apresentaram valores superiores (AGRIANUAL, 2000 e Ramos, 1995). Estes mesmos resultados quando comparados com outros trabalhos, como o de Ramos (1995) e o de Carmo & Balbino (1989), com produtividade de 19,30 a 24,20t.ha<sup>-1</sup> e 27,90t.ha<sup>-1</sup>, respectivamente, mostraram-se superiores. A maior produtividade atingida no presente trabalho com sistema FD foi de 34,09t.ha<sup>-1</sup>, superior as produções de batata encontradas por Encarnação (1987), que obteve 32,20t.ha<sup>-1</sup> com o sistema de PT, o que confirma a superioridade dos resultados de produtividade para plantas cultivadas no sistema de plantio FD.

As altas produtividades confirmam a importância da irrigação para a cultura de batata, pois durante todo o experimento todos os tratamentos receberam 100% da evapotranspiração da cultura. Aguiar Netto (1997), trabalhando com diferentes lâminas de irrigação, obteve o maior incremento na produtividade da cultura da batata com reposição de 100% da evapotranspiração, fato amplamente divulgado na literatura. Podemos concluir que, quando a batata não sofre estresse hídrico, por falta d'água, e quando se utiliza o sistema de plantio Fileira Dupla (FD), este pode ser um bom aliado para se ter maiores produtividades comerciais totais.

Conforme os resultados da análise da produção total comercial da Tabela 12, nota-se coeficientes de variação baixos (7,41%), o que mostra grande credibilidade deste experimento, tornando seus dados confiáveis.

Tabela 15. Análise de variância da produtividade total comercial (kg.ha<sup>-1</sup>), produtividade tipo I (kg.ha<sup>-1</sup>) e matéria seca (%), avaliada durante o experimento, Botucatu-SP. 2001.

Causa de Variação	GL	QM		
		Produtividade total comercial (kg.ha <sup>-1</sup> )	Produtividade tipo I (kg.ha <sup>-1</sup> )	Matéria seca (%)
Blocos	4	6047384,44 NS	635799,61 NS	2,74 NS
Tratamentos	3	13043584,48 NS	9125027,93 NS	3,92 NS
Sistema de plantio	1	32015043,38 *	26837130,07 **	1,74 NS
Irrigação	1	6011862,79 NS	224649,19 NS	3,73 NS
S. plantio x Irrigação	1	1103847,27 NS	313304,52 NS	6,28 NS
Resíduo	12	5797848,21	202744,73	1,84
Total	19			
Media		32509,79	8627,23	20,86
DMS		2345,22	438,56	1,32
CV%		7,41	5,22	6,52

### 6.3.7. Produtividade da batata tipo I

A análise de variância feita para a produtividade da batata com tubérculos tipo I detectou diferenças significativas a 99% de probabilidade no fator sistema de plantio (Tabela 15). Na Tabela 16 pode-se apreciar que para o fator sistema de PT, em média, obteve-se uma produtividade de 9,79t.ha<sup>-1</sup>, tendo um incremento de 31,02% em comparação a produtividade do plantio FD, que obteve uma produtividade de 7,47t.ha<sup>-1</sup>. Estes resultados permitem inferir que estas diferenças devem-se à maior densidade de plantas no sistema de FD, onde existe um aumento na produtividade total comercial, mas um decréscimo da batata tipo I, decorrente da maior competição entre plantas pelo espaço, pelos nutrientes, pela radiação solar, tendo menor espaço para desenvolvimento dos tubérculos (Ramos, 1995; Tapia, 1993).

Para Scaloppi (1973), Martín & Miller (1983), Bourgoïn (1984), Miller & Martin (1987), Duarte (1989), Ekanayake (1994), o crescimento no tamanho dos tubérculos

explica o incremento de produtividade da cultura de batata, devido ao aumento das lâminas de irrigação e devido ao aumento de número de hastes por área, fato já discutido anteriormente.

As maiores produtividades de batata tipo I, de 10,02t.ha<sup>-1</sup> e 7,49t.ha<sup>-1</sup> no sistema de PT e FD, respectivamente, foram maiores que a obtida por Aguiar Netto (1997), que atingiu a 7,43t.ha<sup>-1</sup>, utilizando um sistema de PT e o cultivar Aracy, nas condições de Botucatu-SP.

Como observa-se na Figura 13, os tratamentos 3 e 4 tem as maiores produtividades totais comerciais quando comparado com os tratamentos 1 e 2, mas existe menor produtividade nos tubérculos tipo I.

Tabela 16. Produtividade total comercial e produtividade da batata tipo I (kg.ha<sup>-1</sup>) para o fator sistema de plantio, Botucatu-SP. 2001.

Fator sistema de plantio	Tukey 0.05	
	Produtividade total comercial (kg.ha <sup>-1</sup> )	Produtividade tipo I (kg.ha <sup>-1</sup> )
Fileira dupla com Irrigação	33775,00 a	7468,85 b
Tradicional com Irrigação	31244,58 b	9785,62 a

Médias com as mesmas letras em cada coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## 6.4. Parâmetro de qualidade.

### 6.4.1. Matéria seca

Na Tabela 15, pode-se verificar que a porcentagem de matéria seca não apresentou diferença estatística ao nível de 95% de probabilidade. Quanto a porcentagem de matéria seca, esta é uma característica importante em tubérculos usados para processamento de “chips” e fritas francesas, por estarem diretamente relacionados ao rendimento industrial e à absorção de gordura do produto. Nos quatro tratamentos em estudo, o teor de matéria seca

mostrou padrão semelhante de superfície de resposta, atingindo o valor máximo no tratamento onde o sistema de plantio foi FD e irrigação subsuperficial, com o valor de 22,15% e valor mínimo de 20,17% no tratamento sistema de FD e irrigação superficial. Os valores observados de matéria seca estão acima dos intervalos mínimos requeridos para a obtenção de produtos fritos com ótimas características, conforme descritos por Gravouelle, citado por Feltran (2002). O valor máximo da porcentagem de matéria seca foi 17,6% maior que o obtido por Segovia et al. (1972), e inferior ao de Caixeta & Mizubuti 1998 e Aguiar Netto (1997) que obtiveram valores de 24,53% e 22,82%, respectivamente. Podendo-se concluir que a cultivar Aracy (IAC-2) é adequada para fins industriais.

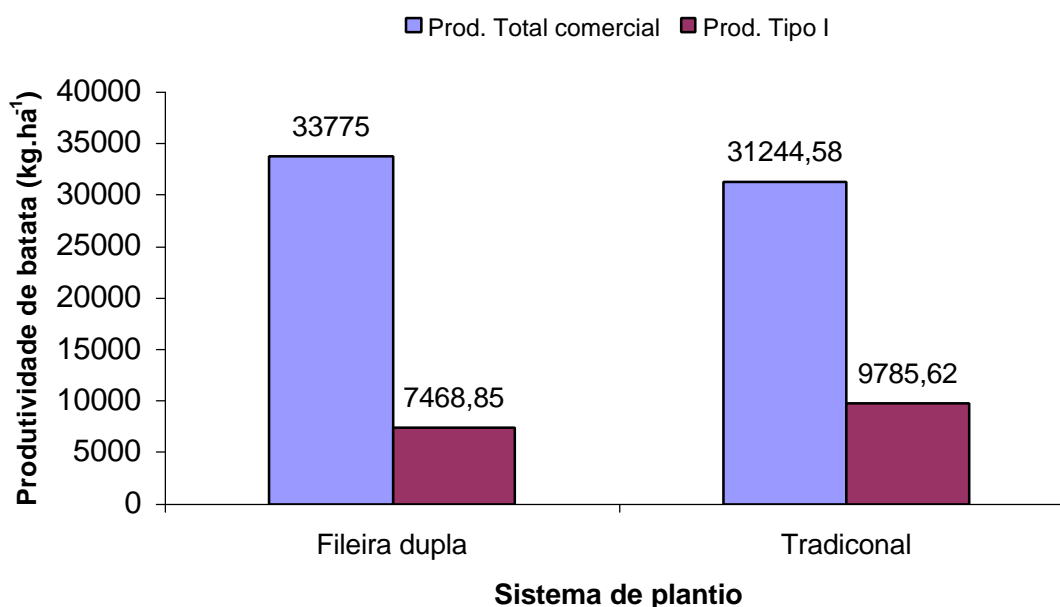


Figura 13. Comparativas das médias da produtividade total comercial e produtividade tipo I, no fator sistema de plantio, Botucatu-SP. 2001.

## 6.5. Avaliação do sistema de irrigação

Os testes realizados em condições de campo permitiram verificar que, para a pressão de serviço utilizada de 70kPa, a vazão média determinada por gotejador foi de  $0,68\text{L}\cdot\text{h}^{-1}$ , quando se irrigavam todos o canteiros do experimento simultaneamente. A uniformidade de distribuição da água do sistema de gotejamento superficial foi de 94,65%. Keller & Karmeli (1975), no dimensionamento de um sistema de irrigação por gotejamento, afirmam que o critério mais aceito é o de permitir uma variação máxima de 10% na vazão dos gotejadores que funcionam simultaneamente na linha lateral. Bernardo (1995) conclui que o limite mínimo do coeficiente de uniformidade de Christiansen aceitável para o sistema de irrigação por gotejamento é de 80%. Bralts (1986), citado por Frizzone (1999), apresenta os seguintes critérios para interpretação dos valores de coeficiente de uniformidade: (1) 90% ou maior –excelente, (2) 80% a 90% - bom, (3) 70% a 80% - regular, (4) 60% a 70% - ruim, (5) <60% - inaceitável. Como se pode verificar dentro destes critérios estabelecidos, o resultado de coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) de 94,65% é considerado excelente.

## 6.6. Considerações gerais

Um dos principais problemas que pode ocorrer com o sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial é o entupimento dos emissores, geralmente ocasionado pela sucção de partículas do solo quando a pressão se torna negativa ou pela intrusão de radículas no interior do emissor, o que é impossível observar quando se faz a análise visual pelo fato de ficar enterrada a tubulação. Existem diferentes técnicas para se evitar este fenômeno. No presente experimento foi utilizada a técnica *pratica cultural* (Romagosa Godó, 2001), que se fundamenta em manter níveis de alta umidade do solo para evitar a proximidade das raízes ao emissor. Já foi demonstrado, em varias experiências, que as raízes tendem a invadir os emissores subterrâneos com maior agressividade, quando existe estresse hídrico no solo e quando se pratica a fertirrigação, sendo o risco de obstrução por intrusão das raízes muito alto. No caso das fitas gotejadoras não ocorre este problema, pois estas são retiradas no final de cada ciclo produtivo anual.

Foram utilizadas válvulas finais de linha, para o monitoramento das linhas laterais enterradas. Outra maneira de se avaliar o correto funcionamento destas linhas é próprio desenvolvimento das plantas da batata.

Neste experimento após de 95 dias de estudo deste sistema de irrigação, não foi observada avaria no sistema (causados por formiga ou cupim). Somente constatou-se ao longo do tubo gotejador, danos mecânicos, ocasionados pelos tratos culturais (amontoa, capina e colheita).

O sistema de plantio FD pode ser considerado uma técnica em que se eleva a produtividade da batata, com o inconveniente de não existir maquinaria agrícola específica e adequada para poder realizar os tratos culturais como a amontoa e colheita.

## 7. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente trabalho, considerando as condições climáticas da região em que foi conduzido, permitiram concluir que:

- A maior produtividade total comercial, foi obtida pelo sistema de plantio fileira dupla e irrigação subsuperficial, com uma densidade populacional (36.667,00 plantas.ha<sup>-1</sup>) e uma produtividade de 34,09t.ha<sup>-1</sup>;
- A maior qualidade produtiva (Tipo I) foi obtida no sistema de plantio tradicional, quando comparada com o sistema fileira dupla.



## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AGRIANUAL 2000. *Anuário da agricultura brasileira*. FNP, São Paulo, Argos Comunicação, p. 204, 2000.
- AGUIAR NETTO, A. de O. *Crescimento e produtividade da cultura da batata (Solanum tuberosum ssp tuberosum), cultivar Aracy, submetida a diferentes lâminas de irrigação*. Botucatu, 1997. 89p. Tese (Doutorado em Agronomia / Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.
- ALAM, M. Leaky tubing for subsurface irrigation. Paper. *Am. Soc. Agric. Eng.*, v.91, p.2158, 1991.
- ALLEN, E. J. Plantdensity. In: HARRIS, P. M. (Ed). *The potato crop: the scientific basic for improvement*. London: Chapman & Hall, 1978. Cap.7, p.278-326.
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. *Soil and water terminology*. 43.ed. St. Joseph, 1996. “não pag.” (ASAE Standards, S526.1.)
- ANTUNES, F. Z., FORTES, M. Exigencias climáticas da cultura da batata. *Informe Agropecuario*, v.7, n.76, p.19-23, 1981.
- BAR-YOSEF, B., SAGIV, B., MARKOVITCH. Sweet corn response to surface and subsurface trickle phosphorus fertirrigation. *Agron. J.*, v.81, p.443-7, 1989.
- BENOIT, G. R., GRANT, W. J. Plant water deficits effects on Aroostock Country potato yields over 30 years. *Am. Potato J.*, v.57, p.585-94, 1980.

- BERLATO, M. A., MOLION, L. C. B. Evaporação e evapotranspiração. Porto Alegre: IPAGRO, 1981. p.95. (Boletim Técnico, 7).
- BERNARDO, S. *Manual de irrigação*. 6. ed. Viçosa: Imprensa Universitária, Universidade Federal de Viçosa, 1995. 657p.
- BEZERRA, F. M. L., ANGELOCCI, L. R., MINAMI, K., Coeficiente de cultura de batata em diferentes fases fenológicas nas condições edafoclimáticas de Piracicaba-SP. *Eng. Agríc.*, v.16, n.2, p.65-76, 1996.
- BOOCK, O. J. Escolha de um cultivar de batata. In: *Tecnologia e produção de batatas-semente*. Brasília: Ministério da Agricultura, 1976. p.27-34. (Coletânea de artigos técnicos de AGIPLAN).
- BOURGOIN, T. L. Developing a potato irrigation scheduling program – the Maine situation. *Am. Potato J.*, v.61, p.195-203, 1984.
- BRASIL. Portaria n.307, de Ministério de Agricultura. Diário Oficial, República Federativa do Brasil, Brasília, 1977.
- BRINHOLI, O. *Cultura da batata (Solanum tuberosum ssp tuberosum)*. Botucatu: Departamento de Agricultura e melhoramento vegetal. Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, ano. 1995. v.1, p.15-7.
- CAIXETA, T. J., MIZUBUTI, A. Efeito de diferentes lâminas de água em alguns cultivares de batata (*Solanum tuberosum* L.). In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 8, 1988, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, 1998. v.1, p.65-87.
- CAMARGO, A. P de. Florescimento e frutificação de café arábica nas diferentes regiões cafeeiras do Brasil. *Pesqui. Agropecu. Bras.* v.31, n.7, p.831-9, 1985.
- CAMP, C. R. Subsurface drip irrigation: a review. *Trans. ASAE (Am. Soc. Agric. Eng.)*, v.41, p. 1353-67, 1998.
- CARMO, C. A. S., BALBINO, J. M. S. Avaliação de cultivares de batata (*Solanum tuberosum* L.) no estado do Espírito Santo. *Hortic. Bras.*, v.7, n.1, p.47, 1989. (Resumos 47)
- CARVALHO, W. A. P. *Boletim Científico*. Botucatu, n.1, p.9-13, 1983.

- COSTA, E. F., BRITO, R. A. L. Métodos de aplicação de produtos químicos e biológicos na irrigação pressurizada. In: *Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação*. SPI, Brasília: Embrapa 1994. p.85-110.
- COTRIM, C. E., BERNARDO, S., SEDIYAMA, G.C., SOARES, A. A., DENICULI, W. Desempenho de um sistema de irrigação do tipo pivô central de baixa pressão. *Irrig. Tecnol. Moderna*, n.33, p.21-7, 1988.
- CRISTOFIDIS, D. *Situação das áreas irrigadas: métodos e equipamentos de irrigação – Brasil*. Brasília: DH/SRH/MMA, 1999. 26p.
- DOORENBOS, J. E., KASSAM, A. H. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos, *FAO Riego y Drenaje*, n.33, p.1-212, 1979.
- DOORENBOS, J. E., PRUITT, W. O. Las necesidades de agua de los cultivos. *FAO Riego y Drenaje*, n.24, p.1-194, 1976.
- DUARTE, S. N. *Efeitos do horario e da lamina de irrigação na cultura de batata (Solanum tuberosum L.)*. Piracicaba, 1989. 148p. Dissertação(Mestrado em Agronomia / Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- EKANAYAKE, I. J. *Estudios sobre el estres por sequía y necesidades de riego de la papa*. Lima: Centro Internacional de la Papa, 1994. 38p. (Guía de investigación CIP 30).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solo*. Brasília, 1999. 412p.
- ENCARNAÇÃO, C. R. F. *Exigências hídricas e coeficientes culturais da batata (Solanum tuberosum L.)*. Piracicaba, 1987. 62p. Tese(Doutorado em Agronomia / Solo e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- FARIA, M. A. de, REZENDE, F. C. *Cafeicultura empresarial: produtividade e qualidade – irrigação na cafeicultura*. Lavras: Universidade Federal de Lavras/FAEPE, 1997. 112p.

- FASSBENDER, H. W., BORNEMIZA, E. *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina*. Turrialba: IICA, 1987. 420p.
- FELTRAN, J. C. *Determinação das características agronomicas, dos disturbios fisiologicos, do estado nutricional da planta e da qualidade dos tubérculos em cultivares de batata (Solanum tuberosum L.)*. Botucatu, 2002. 106p. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Agricultura)- Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.
- FILGUEIRA, F. A. R. Práticas agronômicas. In: REIFSCHNEIDER, F.J.B. (Ed.). *Produção de batata*. Brasília: Linha Gráfica, 1987, p.29-39.
- FONTES, P. C. R, FONTES, R. R. Efeito da aplicação de fósforo no solo e nas folhas sobre a produtividade da batata. *Rev. Ceres*, v.38, n.216, p.159-69, 1991.
- FRANKE, A. E., KONING, O. Determinação do coeficiente de cultura (Kc) da batata (*Solanum tuberosum L.*), nas condições edafoclimáticas de Santa Maria. RS. *Pesq. Agropecu. Bras.*, v.29, p.625-30, 1994.
- FRIZZONE, J. A. *Avaliação do desempenho de sistemas de irrigação*. apostila de aula. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. 1999.
- FRIZZONE, J. A., BOTREL, T. A. Aplicação de fertilizantes via água de irrigação. In: BOARETTO, A. E., VITTI, G. C. *Fertilizantes fluidos*. Piracicaba: Potafos, 1994. v.1, p.227-60.
- GOMES, H. P. *Engenharia de irrigação: hidráulica dos sistemas pressurizados, aspersão e gotejamento*. 2.ed. Campina Grande-PB: Universidade Federal da Paraíba. 1997. 390p.
- GRANJA, N. P. *Capacidade produtiva de batata (Solanum tuberosum L.) cv. Aracy em função da densidade de plantio, tamanho e estágio fisiológico da semente*. Piracicaba, 1995. 85p. Tese (Doutorado em Fitotécnia)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- HERNANDEZ, F. B. T. Potencialidades da fertirrigação. In: BOARETTO, A. E, VITTI, G. C. *Fertilizantes fluidos*. Piracicaba: Potafos, 1994. v.1, p.215-25.
- HILER, E. A., HOWELL, T. A., Grain Sorghum reponse to trickle and subsurface irrigation. *Trans. ASAE (Am. Soc. Agric. Eng.)*, v.16, p.799-803, 1973.

- KALIL, A. J. B. *Comparação entre adubação nitrogenada via fertirrigação por gotejamento e aplicação convencional na produtividade de alface*. Viçosa, 1992. 60p. Dissertação (Mestrado em Eng. Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa.
- KELLER, J., KARMELI, D. *Trickle irrigation design*. California: Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 1975. 133p.
- KLAR, E. E. *A água no sistema solo-planta-atmosfera*. São Paulo: Nobel, 1984. p.408.
- LOPES, C. A., BUSO, J. A. *A cultura da batata*. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 184p. (Coleção Plantar, 42).
- LÓPEZ CADAHIA, C. *Fertirrigación cultivos hortícolas y ornamentales*. Barcelona: Mundi-Prensa, 1998. 475p.
- MACLEAN, A. A. Time of application of fertilizer nitrogen for potatoes in Atlantic Canada. *Am. Potato J.*, v.61, p.23-9, 1984.
- MALAVOLTA, E., VITTI, G.C., OLIVEIRA, S.A. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 317p.
- MANFRINATO, H. A. A irrigação por gotejamento. *Irrigação Tecnol. Moderna*, n.22, p.21-5, 1985.
- MANRIQUE, L. A. Constraints for potato productions in tropics. *J. Plant Nutr.*, v.16, p.2075-120, 1993.
- MANUAL DE IRRIGAÇÃO. Guia Rural Abril. São Paulo: Abril, 1991. 170p.
- MAROUELLI, W. A., SILVA, W. L. C., SILVA, H. R. *Manejo de irrigação em hortaliças*. 5.ed. Brasília: Centro Nacional de Pesquisa em Hortaliças - EMBRAPA, 1996. 71p.
- MAROUELLI, V. A., CARRIJO, O. A. Irrigação In: REIFSHNEIDER. *Produção da batata*. Brasília: Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças/EMBRAPA, 1987. p.57-66.
- MARTIN, M. W., MILLER, D. E. Variations in response of potato germplasm to deficit irrigation as affected by soil textures. *Am. Potato J.*, v.60, p.671-83, 1983.
- MARTINS, D. O clima da região de Botucatu. In: ENCONTRO DE ESTUDOS SOBRE A AGROPECUÁRIA NA REGIÃO DE BOTUCATU. 1989. Botucatu. *Anais...* Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas –Universidade Estadual Paulista, 1989. p. 8-19.

- MEDINA, S. J. *Riego por goteo: teoría y práctica*. 2. ed., Madrid: Mundi Prensa, 1985. 461p.
- MILLER, D. E., MARTIN, M. W. Effect of declining or interrupted irrigation on yield and quality of three potato cultivars grown on sandy soil. *Am. Potato J.*, v.64, p.109-17, 1987.
- MORAES, E. C., MAGNANI, M., COSTA, D. M. Fontes e modos de aplicação de nitrogênio na cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.). *Horti Sul*, v.2, n.1, p.31-6, 1992.
- MOURA, M. C. F. L. *Determinação do consumo de água para a cultura de milho (Zea mays L.) pelo método lisimétrico*. Piracicaba, 1990. 92p. Dissertação(Mestrado em Agronomia / Irrigação e Drenagem). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.
- MOURA, M. V. T. *Simulação da distribuição espacial da água em irrigação localizada*. Botucatu, 1998. 94p. Tese(Doutorado em Agronomia / Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrômicas, Universidade Estadual Paulista.
- ORON, G., DEMALACH, J., HOFFMAN, Z., CIBOTARU, R. Subsurface micro irrigation with effluent. *J. Irrig. Drainage*, v. 117, p.25-36, 1991.
- ORTIZ, O. G. B., CABALLERO, S. U., ALVAREZ, A. L. Influencia da época de aplicação de 32P-superfosfato triplo, na eficiência de fertilização fosfatada e na produtividade de batata. *Pesqui. Agropecu. Bras.*, v.23, p.963-70, 1988.
- PEREIRA, A. B. *Demanda climática idela de água e produtividade da cultura de batata (solanum tuberosum L. Cv. ITARARÉ)*. Botucatu, 1991. 97p. Dissertação(Mestrado em Agronomia / Irrigação e Drenagem) Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.
- PHENE, C. J. Advantages of subsurface irrigation for processing tomatoes. *Acta Agric.*, v.200, p.101-14, 1987.
- PHENE, C. J., TAR, W. R., CLARK, D. A. Real time irrigation scheduling of cotton with an automated pan evaporation system. *Appl. Eng. Agric.*, v.8, p.787-93, 1992.
- PHENE, C. J., RUSKIN, R. Potential of subsurface drip irrigation for management of nitrate in waster water. In: INTERNATIONAL MICROIRRIGATION CONGRESS, 5, 1995, Orlando. *Proceedings...St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers*. 1995. p.155-67

- PINTO, J. M., SOARES, J. M., NASCIMENTO, T. Análise de coeficientes de uniformidade de distribuição de água em irrigação localizada. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 8, 1988, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, 1988. v.1, p. 309-26.
- PIZARRO CABELLO, F. *Riegos Localizados de alta Frecuencia (RLAF): goteo, microaspersión, exudación*. 3 ed. rev.ampl. Madrid: Mundi Prensa, 1996. 513p.
- RAIJ, B. Van., CANTARELLA, H., QUAGGIO, J. A., FURLANI, A. M. C. *Bol. Téc. Inst. Agron. Campinas*, n.100, p.1-285, 1996.
- RAIJ, B. Van., QUAGGIO, J. A., CANTARELLA, H., FERREIRA, M. E., LOPES, A. S., BATAGLIA, O. C. *Análise química do solo para fins de fertilidade*. Campinas, Fundação Cargill, 1987. 170p.
- RAMAGOSA GODÓ. Y por donde sale el agua?. Disponível em: <[http://www.ediho.es/horticom/tem\\_aut/riego/por\\_dond.html](http://www.ediho.es/horticom/tem_aut/riego/por_dond.html)>. Acesso em: 01 jul. 2001.
- RAMOS, V. J. Introdução, botânica e melhoramento da batata (*Solanum tuberosum* ssp. *Tuberosum*). In: BRINHOLI, O. (Coord.). *Cultura da batata (Solanum tuberosum* ssp. *Tuberosum*). Botucatu: Departamento de Agricultura, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, 1995. p.1-54.
- REICHARDT, K. *A água em sistemas agrícolas*. São Paulo: Manole, 1990. 188p.
- SAAD, J. C. C., SCALOPPI, E. J. Análise dos principais métodos climatológicos para estimativa da evapotranspiração. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 8, 1998, Florianópolis. *Anais ...* Florianópolis: 1988, p.999-1021.
- SCALOPPI, E. J. *Efeitos de défices hídricos em diferentes estágios fenológicos da batata (Solanum tuberosum L.)*. Botucatu, 1973. 112p. Tese(Doutorado em Agronomia) Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas, Universidade Estadual Paulista.
- SCALOPPI, E. J., ESCARDUA, R., KLAR, A. E. Influencia da irrigação e adubação no rendimento, tamanho e número de tubérculos de batata (*Solanum tuberosum* L.). *Solo*, v.65, p.52-8, 1975.
- SCHIPPERS, P. A. The relationship between specific gravity and percentagem dry matter in potato tubers. *Am. Potato J.*, v.53, p.111-22, 1976.

- SEGÓVIA, F. C., SILVIA, J. F., BERNARDO, S. E. CONDÉ, A. R. Efeito do sistema de plantio e da frequência de irrigação sobre a cultura da batata (*Solanum tuberosum*). *Rev. Ceres*, v.19, p.328-46, 1972.
- SEMILLAS SZ. *El cultivo de la papa*. Santiago: s.n., s.d. 32p.
- SINGH, G. A review of the soil-moisture relationship in potatoes. *Am. Potato J.*, v.46, p.398-403, 1969.
- SOUSA, V. F. de, FOLEGATTI, M. V., ARAGÃO, E. C., REBELA, A. L. F, BASTOS, E. A. avaliação de em um sistema de fertirrigação por microaspersão numa área cultivada com banana: In: *Avances en el Manejo del Suelo y Agua en la Ingeniería Rural Latinoamericana*. 1998, La Plata, CD-ROM, 1998
- TAPIA, M. *Semillas andinas*, El banco de oro. CONCYTEC. Lima-Perú. 1993.
- TELLES, D. A. Irrigação localizada. *Irrig. Tecno. Moderna*, n.23, p.29-30, 1985.
- TIMMES, H., MERKLE, F. G. The influence of chlorides on yield and specific gravity of potatoes. *Am. Potato J.*, v.40, p.1-8, 1963.
- VIEIRA, R. F. Introdução a quimigação. In: COSTA, E.F., VIEIRA, R.F., VIANA, P.A. *Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação*. Brasília: Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo/ EMBRAPA, 1994. 315p.
- VIEIRA, J. *Diferentes níveis e épocas de irrigação da batatinha (Solanum tuberosum L.) pelos métodos de aspersão e de solos*. Viçosa, 1971. 44p. Dissertação(Mestrado em Agronomia) Universidade Federal de Viçosa.
- VIVANCOS, A. D. *Fertirrigación*. Madrid: Mundi-Prensa, 1993. 217p.
- WHITE, R. P., SANDERSON, J. B. Effect of planting date, nitrogen rate, and plant spacing on potatoes grown for processing in Prince Edward Island. *Am. Potato J.*, v.60, p115-26, 1983.



# **ANEXOS**

Tabela 1. Resultados originais altura de planta antes da primeira amontoa (cm).

<b>Sistema de Plantio</b>	<b>Sistema Tradicional</b>		<b>Fileira Dupla</b>	
<b>Irrigação</b>	Irrigação Superficial	Irrigação Subsuperficial	Irrigação Superficial	Irrigação Subsuperficial
<b>Bloco</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>I</b>	22,100	17,490	22,400	26,100
<b>II</b>	17,160	22,370	22,550	20,800
<b>III</b>	21,840	19,560	22,300	22,810
<b>IV</b>	20,650	20,210	21,900	21,860
<b>V</b>	23,560	17,410	21,570	27,200
<b>Media</b>	21,062	19,408	22,144	23,754

Tabela 2. Altura de planta aos 54 DAP, floração plena (cm).

<b>Sistema de Plantio</b>	<b>Sistema Tradicional</b>		<b>Fileira Dupla</b>	
<b>Irrigação</b>	Irrigação Superficial	Irrigação Subsuperficial	Irrigação Superficial	Irrigação Subsuperficial
<b>Bloco</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>I</b>	70,450	75,200	72,600	80,400
<b>II</b>	74,200	83,550	75,600	81,650
<b>III</b>	79,560	79,360	77,760	81,200
<b>IV</b>	83,500	77,230	83,440	80,660
<b>V</b>	75,580	73,200	84,500	79,560
<b>Media</b>	76,658	77,708	78,780	80,694

Tabela 3. Resultados originais do diâmetro de hastes antes da primeira amontoa (mm).

<b>Sistema de Plantio</b>	<b>Sistema Tradicional</b>		<b>Fileira Dupla</b>	
	<b>Irrigação Superficial</b>	<b>Irrigação Subsuperficial</b>	<b>Irrigação Superficial</b>	<b>Irrigação Subsuperficial</b>
<b>Bloco</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>I</b>	2,700	2,600	3,100	2,900
<b>II</b>	3,000	2,800	2,900	2,800
<b>III</b>	2,500	2,400	3,000	3,100
<b>IV</b>	2,900	2,400	2,800	3,400
<b>V</b>	2,200	2,700	2,600	2,400
<b>Media</b>	2,660	2,580	2,880	2,920

Tabela 4. Resultados originais do diâmetro da planta aos 54 DAP, floração plena (mm).

<b>Sistema de Plantio</b>	<b>Sistema Tradicional</b>		<b>Fileira Dupla</b>	
	<b>Irrigação Superficial</b>	<b>Irrigação Subsuperficial</b>	<b>Irrigação Superficial</b>	<b>Irrigação Subsuperficial</b>
<b>Bloco</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>I</b>	11,500	12,300	10,240	11,200
<b>II</b>	10,200	11,230	11,600	11,000
<b>III</b>	9,800	12,500	12,000	8,800
<b>IV</b>	9,500	9,800	9,200	9,800
<b>V</b>	9,200	10,000	11,000	10,300
<b>Media</b>	10,040	11,166	10,808	10,220

Tabela 5. Resultados originais do número de hastes/planta.

<b>Sistema de Plantio</b>	<b>Sistema Tradicional</b>		<b>Fileira Dupla</b>	
	<b>Irrigação Superficial</b>	<b>Irrigação Subsuperficial</b>	<b>Irrigação Superficial</b>	<b>Irrigação Subsuperficial</b>
<b>Bloco</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>I</b>	3,57	5,71	3,57	3,00
<b>II</b>	4,29	4,00	4,00	5,14
<b>III</b>	4,29	5,00	3,57	4,14
<b>IV</b>	5,14	4,43	5,00	4,43
<b>V</b>	3,71	3,29	4,29	3,43
<b>Media</b>	4,20	4,49	4,09	4,03

Tabela 6. Resultados originais da densidade de hastes.(Número de hastes . m<sup>-2</sup>)

<b>Sistema de Plantio</b>	<b>Sistema Tradicional</b>		<b>Fileira Dupla</b>	
	<b>Irrigação Superficial</b>	<b>Irrigação Subsuperficial</b>	<b>Irrigação Superficial</b>	<b>Irrigação Subsuperficial</b>
<b>Bloco</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>I</b>	13,22	21,15	15,87	13,33
<b>II</b>	15,89	14,81	17,78	22,84
<b>III</b>	15,89	18,52	15,87	18,40
<b>IV</b>	19,03	16,41	22,22	19,69
<b>V</b>	13,74	12,19	19,07	15,24
<b>Media</b>	15,56	16,61	18,16	17,90

Tabela 7. Resultados originais obtidos para produtividade total comercial (kg.ha<sup>-1</sup>)

<b>Sistema de Plantio</b>	<b>Sistema Tradicional</b>		<b>Fileira Dupla</b>	
<b>Irrigação</b>	Irrigação Superficial	Irrigação Subsuperficial	Irrigação Superficial	Irrigação Subsuperficial
<b>Bloco</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>I</b>	27.536,111	33.534,722	35.391,667	32.233,333
<b>II</b>	31.618,056	29.875,000	31.841,667	30.725,000
<b>III</b>	31.381,944	32.881,944	34.191,667	36.400,000
<b>IV</b>	28.680,556	35.381,944	33.675,000	37.608,333
<b>V</b>	33.090,278	28.465,278	32.208,333	33.475,000
<b>Media</b>	30.461,389	32.027,778	33.461,667	35.088,333

Tabela 8. Resultados originais obtidos para produtividade de tubérculos Tipo I (kg.ha<sup>-1</sup>).

<b>Sistema de Plantio</b>	<b>Sistema Tradicional</b>		<b>Fileira Dupla</b>	
<b>Irrigação</b>	Irrigação Superficial	Irrigação Subsuperficial	Irrigação Superficial	Irrigação Subsuperficial
<b>Bloco</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>I</b>	9.785,670	11.321,678	7.854,780	8.123,870
<b>II</b>	9.321,709	10.234,498	7.824,765	6.734,700
<b>III</b>	10.123,890	9.787,765	7.428,870	7.532,000
<b>IV</b>	8.997,870	9.563,870	7.346,000	7.323,000
<b>V</b>	9.543,231	9.176,000	6.985,710	7.534,780
<b>Media</b>	9.554,474	10.016,762	7.488,025	7.449,670

Tabela 9. Resultados originais de matéria seca dos tubérculos (%).

<b>Sistema de Plantio</b>	<b>Sistema Tradicional</b>		<b>Fileira Dupla</b>	
<b>Irrigação</b>	Irrigação Superficial	Irrigação Subsuperficial	Irrigação Superficial	Irrigação Subsuperficial
<b>Bloco</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>I</b>	23,045	20,733	20,906	21,553
<b>II</b>	19,793	20,854	20,595	25,012
<b>III</b>	20,260	18,956	20,789	21,603
<b>IV</b>	19,169	21,322	18,694	19,411
<b>V</b>	21,213	20,334	19,844	23,171
<b>Media</b>	20,696	20,440	20,166	22,150

Tabela 10a. Ficha do controle climatológico, com dados referentes a velocidade do vento a 2 metros de altura (V), umidade relativa (UR), coeficiente do tanque (Kp), evaporação do tanque Classe A (ECA), coeficiente de cultura (Kc), evapotranspiração de cultura (ETc), precipitação pluviométrica (Pp), Irrigação (Irriga), água disponível (AD).

DAP	V (Km/dia)	UR %	Kp	ECA (mm)	ETo	Kc	ETc Total (mm)	Ganho água (mm)		Depleção AD	
								Pp	Irriga	Início	Fim
1	8,10	61	0,75	4,26	3,20	0,10	0,32			23,00*	22,68
2	7,70	56	0,80	7,52	5,64	0,10	0,56		0,32	23,00	22,44
3	7,80	63	0,80	4,18	3,14	0,10	0,31			22,44	22,13
4	7,80	61	0,80	4,12	3,09	0,10	0,31		0,87	23,00	22,69
5	7,70	59	0,80	4,74	3,56	0,10	0,36			22,69	22,34
6	8,10	68	0,80	4,74	3,56	0,10	0,36		0,66	23,00	22,64
7	7,20	63	0,80	4,93	3,70	0,10	0,37			22,64	22,27
8	7,90	64	0,80	5,76	4,32	0,10	0,43		0,73	23,00	22,57
9	7,60	71	0,90	4,19	3,56	0,10	0,36			22,57	22,21
10	8,40	68	0,80	3,86	2,90	0,20	0,58		0,79	23,00	22,42
11	10,80	79	0,90	4,74	4,03	0,20	0,81			22,42	21,61
12	10,40	75	0,90	4,74	4,03	0,30	1,21			21,61	20,41
13	8,20	70	0,80	4,74	3,56	0,30	1,07			20,41	19,34
14	7,80	62	0,80	4,98	3,74	0,40	1,49		3,66	23,00	21,51
15	7,80	66	0,80	5,33	4,00	0,40	1,60			21,51	19,91
16	8,00	66	0,80	6,10	4,58	0,41	1,88			19,91	18,03
17	8,40	63	0,80	5,11	3,83	0,41	1,57			18,03	16,46
18	7,50	60	0,80	4,78	3,59	0,42	1,51			16,46	14,95
19	7,00	62	0,80	4,78	3,59	0,43	1,54		8,05	23,00	21,46
20	7,60	70	0,80	4,78	3,59	0,43	1,54			21,46	19,92
21	7,40	80	0,90	6,27	5,33	0,44	2,34			19,92	17,57
22	7,50	90	0,90	4,00	3,40	0,45	1,53	8,43		23,00	21,47
23	6,70	95	0,90	0,40	0,34	0,46	0,16	2,14		23,00	22,84
24	7,70	92	0,90	0,20	0,17	0,46	0,08	11,43		23,00	22,92
25	7,70	74	0,90	0,32	0,27	0,47	0,13	6,00		23,00	22,87
26	9,50	78	0,90	0,32	0,27	0,48	0,13			22,87	22,74
27	8,40	77	0,90	0,32	0,27	0,49	0,13			22,74	22,61
28	9,20	85	0,90	1,60	1,36	0,50	0,68	11,43		23,00	22,32
29	7,40	88	0,90	2,00	1,70	0,52	0,88	14,57		23,00	22,12
30	8,30	72	0,90	2,54	2,16	0,55	1,19			22,12	20,93
31	6,50	66	0,80	5,03	3,77	0,60	2,26			20,93	18,67
32	73,60	62	0,80	5,02	3,77	0,63	2,37		4,33	23,00	20,63
33	72,30	65	0,80	5,02	3,77	0,65	2,45			20,63	18,18

Tabela 10b...Continuação

DAP	V (Km/dia)	UR %	Kp	ECA (mm)	ETo	Kc	ETc Total (mm)	Ganho água (mm)		Depleção AD	
								Pp	Irriga	Início	Fim
34	72,80	64	0,80	5,02	3,77	0,69	2,60			18,18	15,58
35	118,20	61	0,80	5,58	4,19	0,70	2,93		7,42	23,00	20,07
36	220,10	79	0,80	6,52	4,89	0,71	3,47			20,07	16,60
37	244,80	81	0,80	6,83	5,12	0,72	3,69		6,40	23,00	19,31
38	120,60	77	0,85	5,03	4,28	0,73	3,12			19,31	16,19
39	92,00	71	0,85	5,03	4,28	0,74	3,16		6,81	23,00	19,84
40	77,40	64	0,75	5,03	3,77	0,74	2,79			19,84	17,04
41	82,60	59	0,75	5,03	3,77	0,74	2,79			17,04	14,25
42	213,90	83	0,75	6,36	4,77	0,74	3,53		8,75	23,00	19,47
43	184,00	69	0,70	5,95	4,17	0,74	3,08			19,47	16,39
44	80,30	73	0,85	6,92	5,88	0,75	4,41			16,39	11,98
45	82,70	98	0,85	1,90	1,62	0,75	1,21	14,71		23,00	21,79
46	144,60	75	0,85	5,23	4,45	0,75	3,33		1,21	23,00	19,67
47	169,60	58	0,75	5,23	3,92	0,88	3,45	15,07		23,00	19,55
48	215,00	70	0,70	5,50	3,85	0,88	3,39	13,06		23,00	19,61
49	190,40	75	0,75	5,75	4,31	0,90	3,88		3,39	23,00	19,12
50	145,90	66	0,75	5,38	4,04	1,05	4,24			19,12	14,88
51	173,20	70	0,75	6,03	4,52	1,05	4,75		8,12	23,00	18,25
52	108,10	72	0,85	3,52	2,99	1,08	3,23	0,29		18,54	15,31
53	132,70	87	0,85	2,16	1,84	1,08	1,98		7,69	23,00	21,02
54	114,50	80	0,85	2,16	1,84	1,08	1,98	4,14		23,00	21,02
55	90,80	70	0,75	2,16	1,62	1,08	1,75			21,02	19,27
56	168,50	89	0,85	5,02	4,27	1,10	4,69	1,85	1,88	23,00	18,31
57	138,10	82	0,85	0,80	0,68	1,10	0,75	15,14		23,00	22,25
58	168,40	88	0,85	3,27	2,78	1,10	3,06			22,25	19,20
59	163,40	81	0,85	3,10	2,64	1,12	2,95			19,20	16,24
60	184,00	82	0,75	5,36	4,02	1,12	4,50		6,76	23,00	18,50
61	190,20	79	0,75	5,36	4,02	0,92	3,70			18,50	14,80
62	252,70	85	0,75	5,36	4,02	0,92	3,70		8,20	23,00	19,30
63	245,10	90	0,75	2,00	1,50	0,92	1,38	18,86		23,00	21,62
64	221,30	74	0,75	2,40	1,80	0,92	1,66			21,62	19,96
65	159,10	56	0,75	6,15	4,61	0,92	4,24			19,96	15,72
66	182,00	55	0,70	7,30	5,11	0,82	4,19		7,28	23,00	18,81
67	146,70	71	0,85	4,66	3,96	0,82	3,25		4,19	23,00	19,75
68	206,60	78	0,75	4,66	3,50	0,82	2,87			19,75	16,88
69	68,00	97	0,85	4,20	3,57	0,82	2,93	16,00		23,00	20,07
70	40,40	92	0,85	0,20	0,17	0,80	0,14	21,57		23,00	22,86



Tabela 10c.... Continuação

DAP	V (Km/dia)	UR %	Kp	ECA (mm)	ETo	Kc	ETc Total (mm)	Ganho água (mm)		Depleção AD	
								Pp	Irriga	Início	Fim
71	79,10	85	0,85	1,62	1,38	0,75	1,03		0,14	23,00	21,97
72	93,60	81	0,85	1,86	1,58	0,75	1,19	0,29		22,26	21,07
73	137,90	77	0,85	5,07	4,31	0,75	3,23			21,07	17,84
74	96,00	78	0,85	5,07	4,31	0,75	3,23		5,16	23,00	19,77
75	87,50	76	0,85	5,07	4,31	0,70	3,02			19,77	16,75
76	128,10	65	0,75	5,45	4,09	0,70	2,86			16,75	13,89
77	132,90	77	0,85	5,90	5,02	0,70	3,51		9,11	23,00	19,49
78	70,10	83	0,85	7,20	6,12	0,70	4,28			19,49	15,21
79	125,20	79	0,85	1,00	0,85	0,70	0,60	56,00		23,00	22,41
80	109,00	88	0,85	5,54	4,71	0,70	3,30			22,41	19,11
81	55,30	83	0,85	2,41	2,05	0,67	1,37		3,89	23,00	21,63
82	80,60	87	0,85	2,41	2,05	0,67	1,37			21,63	20,26
83	148,00	82	0,85	2,41	2,05	0,67	1,37	24,57		23,00	21,63
84	107,00	60	0,75	5,03	3,77	0,67	2,53		1,37	23,00	20,63
85	169,00	71	0,85	6,90	5,87	0,62	3,64			20,63	16,99
86	153,00	72	0,85	9,45	8,03	0,62			6,01	23,00	18,02
87	124,00	66	0,75	8,70	6,53	0,62					
88	106,00	58	0,75	9,10	6,83	0,62					
89	80,50	62	0,75	9,10	6,83	0,62					
90	86,70	57	0,75	9,10	6,83	0,60					
91	100,30	65	0,75	8,55	6,41	0,60					
92	128,20	66	0,75	5,20	3,90	0,60					
93	177,70	79	0,85	6,75	5,74	0,60					
94	170,80	80	0,85	5,17	4,39	0,60					
95	115,60	82	0,85	5,17	4,39	0,60					

$$* CAD = (q_{cc} - q_{PMP}) * z$$