

UFRRJ
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

DISSERTAÇÃO

**Necessidade Hídrica e Produtividade da Batata
(*Solanum tuberosum* L.) sob Diferentes Lâminas
de Irrigação em Cultivo Agroecológico**

Dione Galvão da Silva

2011



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO

INSTITUTO DE AGRONOMIA

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

NECESSIDADE HÍDRICA E PRODUTIVIDADE DA BATATA (*Solanum tuberosum* L.) SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO EM CULTIVO AGROECOLÓGICO

DIONE GALVÃO DA SILVA

Sob a Orientação do Professor

Daniel Fonseca de Carvalho

e Co-orientação do Professor

José Guilherme Marinho Guerra

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no curso de Pós-Graduação em Fitotecnia.

Fevereiro de 2011

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

DIONE GALVÃO DA SILVA

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências no Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 25/02/2011

Daniel Fonseca de Carvalho. Prof. Dr. UFRRJ (Orientador)

Luiz Fernando Coutinho de Oliveira. Prof. Dr. UFLA

Margarida Goréte Ferreira do Carmo. Prof. Dr. UFRRJ

DEDICATÓRIA

Esta dissertação é dedicada aos meus pais:
Jandira Inácia Galvão e José Pereira da
Silva, e ao meu irmão Luan Galvão da Silva

MORTE E VIDA SEVERINA (fragmento)

Severino retirante,
deixe agora que lhe diga:
eu não sei bem a resposta
da pergunta que fazia,
se não vale mais saltar
fora da ponte e da vida;
nem conheço essa resposta,
se quer mesmo que lhe diga;
é difícil defender,
só com palavras, a vida,
ainda mais quando ela é
esta que vê, severina;
mas se responder não pude
à pergunta que fazia,
ela, a vida, a respondeu
com sua presença viva.

[...]

(João Cabral de Melo Neto)

AGRADECIMENTOS

À CAPES, pela concessão da bolsa de mestrado. À UFRRJ, ao Instituto de Agronomia, à Pós-Graduação em Fitotecnia e ao Grupo de Pesquisa “Água e Solo em Sistemas Agrícolas”, pelos conhecimentos acadêmicos.

Aos professores Daniel Fonseca de Carvalho, Leonardo Batista, Leonardo Médici, Raul, Carlos Pereira, Pedro Damasceno e ao Pesquisador José Guilherme Marinho Guerra.

À Embrapa Agrobiologia, principalmente aos funcionários: Pesquisador Alexander Silva de Resende e Janaína Ribeiro; Analistas Ernane (Terraço) e Ernane Jardim; e à Embrapa Solos, pelo apoio operacional e realização de análises.

Aos funcionários e colaboradores da Fazendinha Agroecológica, como Amarildo, Arley, Camila, Caporal, Cláudio, Darci, Edmar, Elias, Estevão, Handara, Hélio, Ivana, Jaqueline, João, José Ricardo, Juarez, Marcos, Pedro, Roxinho, Valério, Zé Maria, principalmente pelos trabalhos em campo, cafezinho, apoio científico e psicológico.

Aos estagiários e colegas do grupo GPASSA, como Carlos Felipe, Daniela Pinto, Dionízio, Eraldo, Ernane Gomes, Hermes, Hugo Thaner, Irineu, Jander, Jonas, Luiz, Selma, Valdemir, Wilk, por auxiliarem em diversas fases deste trabalho.

Aos estagiários Brauly Martins, Bruno, Quemes, Tâmara e Vagner.

Novamente, agradeço à Embrapa Agrobiologia pelo fornecimento de vaga em alojamento gratuito e de qualidade, no qual me possibilitou adquirir amizades relevantes para minha vida pessoal e profissional.

Agradeço aos amigos da Rural: André; Eva Adriana; Fernanda; Flávia; Gabi; Hanny; Jerusa; Luíza; Maria; Amigas do alojamento da UFRRJ do apartamento F4 109; Amigos do GAE; Osmir; Rosana.

À Tânia Martins e ao Tarcísio Mayrink. E à minha querida mãe, Jandira Inácia Galvão e ao meu namorado, Thadeu Martins de Barros.

Enfim, caso aja alguém que não citei, desculpe-me, porém agradeço.

Que Deus os abençoe!

RESUMO GERAL

SILVA, Dione Galvão da. **Necessidade hídrica e produtividade da batata (*Solanum tuberosum* L.) sob diferentes lâminas de irrigação em cultivo agroecológico.** 2011. 95p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2011.

A batata representa uma fonte alimentar básica para a população humana, e para se almejar a sustentabilidade do cultivo são necessários manejos adequados da irrigação e da adubação. Dentro deste contexto, a agricultura orgânica se insere como uma alternativa, tanto para garantir a produtividade quanto para conservar os recursos naturais. Nesse estudo, objetivou-se: quantificar o consumo hídrico da batateira; obter a função de produção de tubérculos sob influência da irrigação; avaliar a interação da ausência e presença de reposição nutricional por torta de mamona sob diferentes lâminas de irrigação. O experimento foi conduzido, em dois períodos: 29 de junho a 30 de setembro de 2009 e 07 de maio a 03 de agosto de 2010. O consumo hídrico da batateira para a inferência dos coeficientes da cultura (kc's) foi quantificado apenas no ano de 2010, sendo obtidos os valores de 0,35, 0,45, 1,29 e 0,63, para o período de plantio a emergência, emergência ao início de tuberização, início de tuberização ao início de senescência e início de senescência ao ponto de colheita, respectivamente. No mesmo período de cultivo, ao simular o manejo utilizando os kc's preconizados pela FAO, aplicar-se-ia em excesso uma lâmina de 32,6 mm. Para ambos os períodos de cultivo não foram observadas mudanças significativas na produtividade de tubérculos de batata sob lâminas de irrigação aplicadas. A adubação com torta de mamona, na dosagem de 90 kg ha⁻¹, foi responsável pelo incremento em 18% e 19% da produtividade total e comercial de tubérculos, respectivamente. Em relação ao ano de 2009, as produtividades médias totais para as duas condições de adubação foram de 13,9 e 16,3 ton ha⁻¹, respectivamente, para ausência e presença de adubação de cobertura. Para o cultivo de 2010 a produtividade média atingiu 10 ton ha⁻¹, sendo que, a eficiência no uso da água, apresentou comportamento quadrático, cuja expressão foi $y = 0,0435x^2 - 9,0182x + 557,12$, sendo x a lâmina (mm) e y a produtividade (kg ha⁻¹). Foi possível a obtenção das seguintes conclusões: a quantificação local da demanda hídrica da cultura da batata pode proporcionar economia de até 30% da água aplicada; a adubação com torta de mamona em cobertura é promissora para obtenção de maior produtividade de tubérculos; os níveis de irrigação podem prolongar o ciclo da batata; a cultivar Opaline mostrou-se produtiva sob os baixos e altos níveis de suprimento hídrico; há necessidade de mais estudos sobre as datas recomendadas de plantio da cultura da batata nas condições edafoclimáticas de Seropédica –RJ

Palavras-chaves: Reflectometria no domínio do tempo, agricultura orgânica, manejo da irrigação.

GENERAL ABSTRACT

SILVA, Dione Galvão da. **Water requirement and yield of potato (*Solanum tuberosum* L.) under different irrigation depths in agroecological system.** 2011. 95p. Dissertation (Master in Fitotecnia). Institute of Agronomy, Department of Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2011. Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropedica, RJ, 2011.

The potato is a basic food source and an adequate irrigation and fertilization are necessary for a sustainable crop management. Within this context, organic agriculture is inserted as an alternative to ensure productivity and to conserve natural resources. The objectives of this research were: measuring the water consumption of potato; obtaining the water use production function; evaluating the interaction of the absence and presence of nutritional replacement with castor cake under different irrigation depths. The experiment was conducted in two periods: June 29 to September 30 of 2009 and May 7 to August 3 of 2010. The water consumption of potato for the inference of crop coefficients (kc's) was quantified only in the year 2010, which were 0.35, 0.45, 1.29 and 0.63. In the same period of cultivation, due to simulate the evapotranspiration of culture with kc's recommended by the FAO, it would become excessive, with a overestimate by 32,6 mm. For both growing seasons, no significant changes in the parameters of the tuber yield of potatoes under irrigation depths applied were found. Fertilization with castor cake was responsible for the increase by 18% and 19% of the total and commercial tuber, respectively. For the year 2009, the average total yield for the two fertilization conditions were 13.9 and 16.31 ton ha⁻¹ respectively in the absence and presence of castor cake. For 2010, the average yield was 10 ton ha⁻¹, with the level of TM. The expression of the efficiency of water use was: $y = 0.0435 x^2 - 9.0182 x + 557.12$, where x irrigation depth (mm) and y the yield (kg ha⁻¹). The following conclusions were: the quantification of local water demand of potato can provide savings of 30% of water application; fertilization with castor cake is promising to achieve higher productivity of tubers; the depths of irrigation can extend the cycle of potato; the Opaline cultivar proved to be productive under low and high levels of water supply; it's necessary more studies about the recommended planting dates of potato, to the soil and climate conditions of Seropedica-RJ.

Keywords: Time domain reflectometry, organic agriculture, irrigation management.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistema de irrigação, constituído de um tubo de 50 mm como linha de derivação e mangueiras de polietileno conectadas, formando as linhas laterais preenchidas com gotejadores.....	17
Figura 2. Condições climáticas durante o período de cultivo: (a) temperatura do ar; (b) radiação solar; (c) chuva total, chuva acumulada, evapotranspiração de referência acumulada pela metodologia de PMF (ET _o PMF ac) e evapotranspiração da cultura acumulada (ET _c Obtido ac).....	20
Figura 3. Coeficientes de cultivo para a cultura da batata.	22
Figura 4. Evapotranspiração acumulada obtida em campo e a partir de coeficientes preconizados pela FAO, para cada fase de desenvolvimento da batateira.....	23
Figura 5. Simulação da ET _c a partir de coeficientes “obtidos” e preconizados pela FAO, para o período de 7 de maio a 2 de agosto de 2010, com base em série histórica de 1961 a 2007.....	24
Figura 6. Croqui da área experimental, plantio em 2009. (M) Reposição por torta de mamona.....	33
Figura 7. Croqui da área experimental, plantio em 2010.....	34
Figura 8. Temperatura média do ar e precipitação, durante os períodos experimentais de 29 de junho a 30 de setembro de 2009 e 07 de maio a 4 de agosto de 2010, para Seropédica, RJ.	39
Figura 9. Média do número de tubérculos totais, comerciais e não comerciais, em função da ausência e presença de adubação com torta de mamona em cobertura.	42
Figura 10. Média da massa fresca (g) de tubérculos totais, comerciais e não comerciais, em função da ausência e presença de adubação com torta de mamona em cobertura.....	43
Figura 11. Produtividade absoluta total de tubérculos em função da ausência e presença de adubação com torta de mamona em cobertura.....	44
Figura 12. Variação do conteúdo de água do solo no período de 07 de maio a 16 de junho de 2010, considerando o perfil de 0-15 cm, para os tratamentos de T0 e T3.....	45
Figura 13. Variação do teor de umidade do solo no período de 18 de junho a 30 de julho de 2010, considerando o perfil de 0-30 cm, para o tratamento T0.	46
Figura 14. Variação do conteúdo de umidade do solo no período de 18 de junho a 30 de julho de 2010, considerando o perfil de 0-30 cm, para o tratamento de T3.....	47
Figura 15. Estádio de plantio a emergência - Foto tirada em 28 de maio de 2010, em 4 dias após a emergência ou 21 dias após o plantio (A); Estádio de tuberação da batateira (<i>Solanum tuberosum</i> L.) (B); Determinação do estágio de início de senescência para o tratamento sem irrigação (C).....	48

Figura 16. Duração do período de plantio a emergência (I), emergência ao início de tuberização (II), início de tuberização ao início de senescência (III) e início de senescência ao ponto de colheita (IV).....	49
Figura 17. Produtividade e massa seca de tubérculos totais	51
Figura 18. Eficiência no uso da água para cultura da batata sob diferentes lâminas de irrigação, em cultivo orgânico para o município de Seropédica (RJ).....	54
Figura 19. Influência de lâminas de irrigação no número de folhas (A) e de hastes laterais (B).....	56
Figura 20. Equações de calibração de TDR para as profundidades 0-15 cm (A) e 15-30 cm (B).....	70
Figura 21. Cultivo de batata sob influência de lâminas de irrigação, aos 23 dias após a emergência ou 40 dias após o plantio, caracterizando o estágio de tuberização. A= tratamento sem irrigação; B, C, D, E= T1, T2, T3 e T4..	71

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Análise comparativa entre os sistemas de cultivo	5
Tabela 2. Coeficiente de cultura (kc) para batata (<i>Solanum tuberosum</i> L.) obtidos em campo e kc's recomendados pela FAO ajustados conforme as condições climáticas, para a região de Seropédica (RJ).....	21
Tabela 3. Algumas propriedades químicas e físicas do local do experimento.	32
Tabela 4. Dados médios da temperatura máxima (Tmax), mínima (Tmin) e média (Tmed), umidade relativa média (UR), velocidade do vento (Vv) e radiação solar incidente (Rs), em Seropédica, em períodos mensais do cultivo de batata nos anos de 2009 e 2010..	38
Tabela 5. Influência de lâminas de irrigação e doses de torta de mamona (TM) sobre as variáveis: número de tubérculos totais, comerciais e não comerciais, massa fresca de tubérculos totais, comerciais e não comerciais , em g planta ⁻¹ , e produtividade total absoluta, em kg ha ⁻¹	41
Tabela 6. Data da determinação dos estádios fenológicos da batateira.	47
Tabela 7. Valores médios do número (Nº) e massa fresca (MF) de tubérculos totais, comerciais e não comerciais para os tratamentos T0, T1, T2, T3 e T4.	50
Tabela 8. Análise de Correlação de Pearson entre as variáveis, folha (F), número de haste (H), comprimento (C), diâmetros (D), número de tubérculos totais (NTT), comerciais (NTC) e não comerciais (NTNC), massa seca (MS), massa fresca de tubérculos totais (MFTT), comerciais (MFTC) e não comerciais (MFTNC).	55
Tabela 9. Influência de lâminas de irrigação aos seguintes parâmetros: comprimento da maior haste lateral e diâmetro.....	57

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	1
2	REVISÃO DA LITERATURA	3
	2.1 Cultura da batata (<i>Solanum tuberosum</i> L.)	3
	2.2 Produção orgânica de batata.....	4
	2.3 Fontes orgânicas de nutrientes em cultivo de batata.....	5
	2.3.1. Adubação com torta de mamona.....	6
	2.4 Uso e manejo da água na agricultura.....	7
	2.4.1. Necessidade hídrica da cultura da batata	8
	2.4.2. Fases de desenvolvimento da cultura da batata.....	10
	2.4.3. Sistemas de irrigação para a cultura da batata	10
3	CAPÍTULO I – EVAPOTRANSPIRAÇÃO E COEFICIENTE DE CULTIVO DA BATATA EM SISTEMA AGROECOLÓGICO DE PRODUÇÃO	12
3.1	RESUMO	13
3.2	ABSTRACT	14
3.3	INTRODUÇÃO	15
3.4	MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
3.6	CONCLUSÃO.....	26
4	CAPÍTULO II – PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA DA BATATA (<i>Solanum tuberosum</i> L.) EM SISTEMA DE PRODUÇÃO AGROECOLÓGICO.....	27
4.1	RESUMO	28
4.2	ABSTRACT	29
4.3	INTRODUÇÃO	30
4.4	MATERIAL E MÉTODOS.....	32
	4.4.1. Caracterização, delineamento experimental e condução dos plantios.....	32
	4.4.2. Instalação dos sistemas de irrigação.....	34
	4.4.3. Manejo da irrigação.....	35

4.4.4. Determinação dos estádios fisiológicos e de parâmetros de desenvolvimento vegetativo.....	36
4.4.5. Colheita, pesagem e classificação	36
4.4.6. Eficiência no uso da água.....	37
4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
4.5.1. Dados meteorológicos.....	38
4.5.2. Plantio em 2009	39
4.5.3. Plantio de 2010	44
4.5.3.1. Determinação das fases fenológicas em função das lâminas de irrigação	47
4.5.3.2. Produtividade da batata	49
4.5.3.3. Eficiência no uso da água.....	53
4.5.3.4. Parâmetros de desenvolvimento vegetativo	54
4.6 CONCLUSÃO.....	58
5. CONCLUSÕES GERAIS	59
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
7. ANEXOS	69

1 INTRODUÇÃO GERAL

A produção de alimentos demanda principalmente recursos como água e nutrientes, os quais podem variar em quantidade e qualidade conforme as condições edafoclimáticas. Por outro lado, entre diferentes grupos sócio-culturais, verificam-se discussões pertinentes a cerca da utilização destes recursos para a agricultura. Consequentemente, podem ser citados diferentes modelos de sistemas de cultivos, que diferem entre si pela sustentabilidade e conservação do meio ambiente, como exemplo, o agroecológico e o convencional.

A produção agroecológica se insere como uma forma de produzir alimentos de forma ambientalmente consistente, produtiva e economicamente viável (GLIESSMAN, 2001). Conforme AQUINO & ASSIS (2007), uma das vertentes da agroecologia é a agricultura orgânica, cujas diretrizes são descritas no Decreto N° 6.323, especialmente no artigo 3º, sublínea XI, assim descrito: “a adoção de práticas na unidade de produção que contemplem o uso saudável do solo, da água e do ar, de modo a reduzir ao mínimo todas as formas contaminação e desperdícios desses elementos”.

Com foco na utilização da água, as medidas associadas à sustentabilidade hídrica podem estar agrupadas em nível interno ou externo da propriedade rural (FAGGION *et al.*, 2009). Localmente, pode-se obter alta eficiência no uso da água ao serem utilizadas as seguintes técnicas: equipamentos projetados adequadamente à demanda hídrica da cultura, conhecimento da disponibilidade de água no solo para as plantas; estimativa correta da evapotranspiração da cultura. No entanto, como exemplo para a cultura da batata, muitos produtores rurais não adotam um manejo otimizado da irrigação, o que acarreta prejuízos no crescimento vegetal e, consequentes, decréscimos na produtividade e qualidade dos tubérculos (AGUIAR NETTO *et al.*, 2000).

A disseminação destas informações, pela utilização de ferramentas operacionais práticas, para os técnicos da extensão rural e pelos irrigantes é crucial para proporcionar melhoria no manejo e uso da água (FAGGION *et al.*, 2009). Desta maneira, as técnicas de otimização do uso de água devem estar acessíveis aos agricultores, uma vez que o manejo da irrigação pode maximizar o lucro da atividade agrícola, economia da água e conservação do meio ambiente. Sobretudo, pode-se aumentar a competitividade dos produtos agrícolas, principalmente os orgânicos, os quais apresentam um aumento crescente na comercialização.

Além da técnica da irrigação, a utilização de fertilizantes na agricultura proporciona ganhos econômicos e de produtividade, porém o setor brasileiro apresenta grande dependência externa, sendo necessária a importação da maioria dos produtos para atender à demanda nacional (IBGE, 2010). Neste aspecto, a agricultura orgânica surge como uma alternativa para redução ou substituição destes insumos sintéticos, em detrimento à utilização de compostos orgânicos, biofertilizantes, adubação verde e cobertura viva permanente com leguminosas anuais e perenes (VENTURA *et al.*, 2007). Dentre os diversos compostos orgânicos pode-se citar a torta de mamona, que é bastante

difundida na agricultura como adubo orgânico, porém há pouca informação científica a respeito dessa utilização.

Tendo em vista a importância da conservação dos recursos naturais para a produção de alimentos, desenvolveu-se este trabalho para a cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.) em Seropédica (RJ), cuja região apresenta potencial para a bataticultura orgânica, pois apresenta inverno ameno, logística favorável e maior proximidade aos consumidores de alimentos orgânicos.

Desta forma, a presente dissertação apresentou os seguintes objetivos:

- 1- Quantificar o consumo hídrico da batateira;
- 2- Obter a função de produção de tubérculos de batata sob influência de diferentes lâminas de irrigação;
- 3- Avaliar a interação da ausência e presença de reposição nutricional por torta de mamona sob diferentes lâminas de irrigação.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.)

A batata (*Solanum tuberosum* L.), pertencente à família Solanaceae, é uma espécie originária da região Andina, na região de fronteira entre Peru e Bolívia, em áreas de altitude elevada, áridas e com um período de inverno rigoroso. No século XVI, foi levada à Europa pelos ingleses e espanhóis, passando por sucessivas seleções que resultaram em cultivares que se disseminaram por todo o planeta (BIRHMA & KAUL, 1989).

As cultivares européias de *Solanum tuberosum* ssp. apresentam maior produtividade sob dias curtos, ou seja, fotoperíodo menor que 12 horas, e termoperiodicidade em torno de 10°C. Além disso, as temperaturas noturnas baixas, em torno de 20 °C, favorecem o rendimento, enquanto em temperaturas acima de 21 °C, a translocação de fotoassimilados ao tubérculo é reduzida (VOS & HAVERKORT, 2007).

Em regiões tropicais, o plantio de cultivares européias de batata pode ser oneroso (FILGUEIRA, 2005), uma vez que apresenta menor produtividade e maior custo de produção, devido principalmente a maior necessidade de água, nutricional e controle fitossanitário. Entretanto, no Brasil as condições agroclimáticas diferenciadas como altitude e latitude favorecem a oferta de batata ao longo do ano, ao contrário dos países europeus (FILGUEIRA, 2007).

Como uma fonte alimentar básica para a população mundial, a batata também é destinada para a produção de ração e etanol para combustível, ocupando o quarto lugar em quantidade de produção, sendo superada pelo trigo, arroz e milho (JANSKY *et al.*, 2009).

A batata assegura uma fonte adequada de fibras e micronutrientes, como a vitamina C, B1, B3 e B6, minerais como potássio, fósforo, magnésio, além de substâncias antioxidantes que fortalecem o sistema imunológico contra doenças (HAASE, 2008).

Segundo estimativas da ONU⁽¹⁾, até 2050 ocorrerá um aumento populacional de 30%, sendo que 95% deste em países em desenvolvimento. Neste contexto, a batata torna-se essencial para suprir a crescente demanda por alimentos, uma vez que apresenta características nutricionais importantes eficiência na produção.

A produção mundial de batata é em torno de 320 milhões de toneladas, sendo os maiores produtores e consumidores a China, Rússia, Índia e Estados Unidos, com

¹ (<http://www.onu-brasil.org.br> - em 29 de junho de 2009).

produtividades de 12,81, 13,76, 19,29 e 44,24 Mg ha⁻¹, respectivamente, para o ano de 2008⁽²⁾. O Brasil ocupa a 18^o posição mundial na produção de batata, com obtenção de 3 milhões de toneladas por ano e uma produtividade de aproximadamente 25,38 Mg ha⁻¹, sendo Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul e Bahia os estados com maior produção (CAMARGO FILHO & ALVES, 2005).

2.2 Produção orgânica de batata

Como alternativa de modelo sustentável, a produção orgânica utiliza insumos agrícolas de origem biológica de menores custos energéticos. Segundo Souza *et al.* (2007), após oito anos de cultivo de batata na região Serrana do Espírito Santo, verificou-se que o sistema convencional demandou 47% mais gastos calóricos (adubos, pesticidas, mão-de-obra) do que o sistema orgânico. Os autores verificaram ainda que não houve diferenças significativas na produtividade entre ambos os sistemas, revelando a viabilidade econômica e ambiental da produção orgânica.

A MOFGA (Associação de Jardineiros e Fazendeiros Orgânicos de Maine – EUA) que realiza trabalhos de certificação de batata orgânica, em 2005 registrou mais de 100 pequenos e médios produtores (JOHNSON & SIDEMAN, 2006). Apresentando 2 a 3 vezes mais valor agregado em relação à convencional, a batata orgânica produzida por estes agricultores é vendida diretamente para consumidores, redes de supermercado, postos de abastecimento, ou ainda em restaurantes.

Há carências de estudos voltados para bataticultura orgânica, como exemplo, sobre a demanda hídrica, cultivares adaptadas, aspectos nutricionais e fitossanitários, manejo de plantas invasoras e produção de batata-semente. Para Finkh *et al.* (2006), os dois maiores desafios para produtores orgânicos de batata são o manejo de doenças e nitrogênio, uma vez que não é permitido o uso de fertilizantes nem pesticidas sintéticos.

Um breve resumo das diferenças entre os sistemas convencional e orgânico para a bataticultura está apresentado na Tabela 1. Demonstra-se pelos dados da Tabela 1 que o emprego de insumos químicos, utilização de variedades responsivas à tecnologia convencional, além do controle de plantas invasoras são estratégias que impulsionam a produtividade da batata. No entanto, o foco para a produção sustentável deve ser buscado uma vez que o sistema convencional abordado pode acarretar riscos de contaminação ambiental e dos trabalhadores rurais, perda da fertilidade do solo, entre outros malefícios. Com a produção orgânica da batata pode-se almejar tanto a sustentabilidade da produção agrícola como também a inclusão de agricultores familiares descapitalizados e possuidores de pequenas áreas de cultivo.

² (<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567> – em 13 de janeiro de 2010).

Tabela 1. Análise comparativa entre os sistemas de cultivo

Operações	Sistemas de cultivo	
	Convencional	Orgânico
Preparo de solo	Aração, gradagem e sulcamento do solo.	Aração, gradagem e sulcamento do solo.
Fertilização	Adubos químicos altamente solúveis (Ureia, Super simples, Cloreto K, NPK, etc.).	Adubos orgânicos (esterco, biofertilizantes, compostos, adubos verdes, rochas naturais moídas).
Controle de pragas e doenças	Produtos sintéticos (inseticidas, fungicidas, nematicidas).	Produtos pouco tóxicos (caldas bordalesa, sulfocálcica, óleo de nim, iscas).
Controle de invasoras	Uso de herbicidas ou controle integrado (incluindo químico).	Controle mecânico na amontoa, seguido de capinas manuais.
Variedades mais utilizadas	Tipo lisa (Monalisa, Bintje).	Tipo comum (Araucária, Contenda, Catucha, Itararé).
Produtividade	400 sc ha ⁻¹	206 sc ha ⁻¹
Outras particularidades	Não exige certificação Grandes áreas (>5 hectares)	Exige certificação /selo orgânico. Pequenas áreas (0,5-2 ha)

Fonte: Adaptado de DAROLT (2003)

A baixada metropolitana do Rio de Janeiro apresenta potencial para a batatiticultura orgânica, pois apresenta inverno ameno, logística favorável e maior proximidade aos consumidores de alimentos orgânicos. Desta forma, com a safra de inverno (abril a julho) o agricultor pode obter rendimento econômico. Santos *et al.* (2003) obtiveram produtividade de até 17 ton ha⁻¹, utilizando a variedade Asterix com composto orgânico e cama de aviário, na região de Seropédica (RJ).

2.3 Fontes orgânicas de nutrientes em cultivo de batata

O manejo de adubação para a cultura da batata afeta direta e significativamente os atributos como qualidade, sanidade e produtividade (MALLMANN, 2001). Neste sentido, a utilização de fontes orgânicas de nutrientes no cultivo da batata é uma alternativa viável técnica e economicamente (FIOREZE & CERETTA, 2006).

De acordo com Finckh *et al.* (2006), após a emergência da batata, o caule e o sistema radicular se desenvolvem simultaneamente. Nas primeiras semanas após a

emergência, o desenvolvimento do caule é extremamente afetado pela disponibilidade de nitrogênio, estando essa fase da cultura diretamente relacionada com o enchimento dos tubérculos. Os mesmos autores comentam que com um potencial de produtividade de 36 Mg ha⁻¹, a batata necessita de 110 a 130 kg N ha⁻¹ durante a formação das folhas principais até início da tuberização (35 a 50 dias após a emergência).

Devido ao aumento do preço de insumos agrícola nos últimos anos, observa-se uma redução do número de bataticultores em todo o país, cuja atividade está associada ao emprego expressivo de fertilizantes, defensivos químicos, mecanização e irrigação. Assim, o uso de fontes orgânicas de nutrientes economicamente acessíveis, como a rotação de culturas, adubação verde, cobertura morta, além de excrementos de animais, podem ser estratégias técnicas para o aumento de produtividade, o que concomitantemente, possibilitaria a inserção de agricultores familiares com baixo poder aquisitivo.

2.3.1. Adubação com torta de mamona

A torta de mamona é um importante subproduto da cadeia produtiva da mamona, sendo produzida durante a extração do óleo (GOMES, 2007). Tradicionalmente é utilizada como um adubo orgânico, que apresenta elevados teores de nitrogênio e fibras, além de constituir um condicionante das características físicas e biológicas do solo. Sua ação nematicida e inseticida é também conhecida (CARLINI & SÁ, 2002). Na Índia, por exemplo, cerca de 85% da torta é utilizado como adubo (KONNUR & SUBBARAO, 2004). Apesar de ser bastante difundido na agricultura como adubo orgânico, há pouca informação científica a respeito dessa utilização.

O conteúdo de macronutrientes na torta de mamona é equivalente a 7,54% de N, 3,11% de P, 0,66% de K, 0,75% de Ca e 0,51% de Mg (ALVES, 2007). De acordo com Severino *et al.* (2005), a liberação destes nutrientes é mais rápida em relação aos adubos orgânicos como esterco bovino e bagaço de cana, e mais lenta que os adubos minerais. A relação C/N da torta de mamona é de aproximadamente 11:1 (KIEHL, 1985). Assim, a sua mineralização ocorre de forma mais intensa e eficaz, disponibilizando nutrientes de forma mais rápida às plantas.

Como apresentado por Severino *et al.* (2005), a torta de mamona possui decomposição rápida e seus nutrientes são rapidamente disponibilizados para as plantas. Os mesmos autores sugerem que a torta de mamona, depois de incorporada como adubo orgânico, propicia aumento da atividade microbiana, em comparação ao esterco bovino e o bagaço de cana. Estes resultados demonstram a potencialidade da torta de mamona como adubo orgânico para as plantas cultivadas.

Em geral, os bataticultores fazem uma adubação de cobertura junto com a operação de amontoa, devido à maior demanda de nitrogênio pela cultura neste estado fenológico. Desta forma, infere-se que a aplicação de torta de mamona na amontoa é factível para o aumento em produtividade da batata cultivada sob sistema orgânico.

2.4 Uso e manejo da água na agricultura

A água é um insumo fundamental para o desenvolvimento das plantas, seja em um sistema de produção agrícola convencional ou agroecológico. A extensão de seu efeito no crescimento das raízes e da planta como um todo depende de como é aplicada, da permeabilidade do solo regularmente umedecido, das condições físicas relacionadas ao movimento da água para a planta, além da interação entre estes fatores e a necessidade hídrica da planta nos diferentes estádios fenológicos (ALBUQUERQUE & DURÃES, 2008).

Para um eficiente manejo da água de irrigação, é fundamental o conhecimento da disponibilidade de água no solo para as plantas, sendo esta quantificada em função da demanda de água da planta e da atmosfera e pela intensidade de fluxo de água do solo para a raiz (REICHARDT & TIMM, 2004).

A produção agrícola irrigada é considerada a atividade de maior consumo hídrico dentre os vários usos múltiplos existentes, sendo atribuído um consumo de 60 a 80% da água consumida em todo o planeta³, sendo que no Brasil o consumo com irrigação está na faixa de 61% das águas doces disponíveis que são retiradas⁴.

O uso de sistemas de irrigação capazes de aumentar a eficiência no uso da água pelas plantas, com base nas reais necessidades hídricas da cultura irrigada contribui para o uso racional dos escassos recursos hídricos disponíveis no planeta. Nesse sentido, a irrigação localizada, que aplica água em alta frequência, mantendo a umidade do solo próximo à capacidade de campo, pode contribuir à maior eficiência no uso de água.

Além disso, com o gotejamento há maior uniformidade de distribuição da água, maior controle de plantas invasoras e redução dos gastos com energia elétrica. Contudo, Perry *et al.* (2009) e Burt and O'Neill (2007) afirmam que não é correto afirmar que o gotejamento promove benefícios imediatos, uma vez que, como exemplo para culturas arbóreas, a evaporação (E), ou seja, um dos componentes da evapotranspiração (ETc), aumenta à medida que o solo recebe água sob maior frequência.

A umidade do solo é um importante componente no sistema solo-água-planta-atmosfera, pela qual pode ser medida ou monitorada por diferentes métodos, como a Reflectometria no Domínio do Tempo (TDR). A determinação da umidade do solo pela TDR é feita de forma indireta e o princípio de funcionamento se baseia na medida do tempo de propagação de um pulso de frequência de micro ondas, emitido ao longo de uma haste de aço inox inserida no solo (TOPP *et al.*, 1980). Este tempo de propagação depende da umidade presente no solo, sendo relacionado à constante dielétrica do meio (SKIERUCHA *et al.*, 2008).

A TDR é considerada por vários autores como um dos métodos mais promissores por não oferecer riscos à saúde do operador, como as sondas de nêutrons, e ser extremamente sensível às variações de umidade no solo. Além disso, o método permite a coleta automática dos dados, tornando-se possível a automação do sistema de irrigação (COELHO *et al.*, 2003). Outra vantagem da TDR é a possibilidade de sua

³(<http://webworld.unesco.org/water/ihp/db/shiklomanov/summary/html/summary.html#2>. Water storage- em 15 de setembro de 2010)

⁴(<http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries/brazil/index.stm> - em 15 de setembro de 2010).

utilização para medição da umidade nas camadas superficiais do solo, normalmente ocupadas pelo sistema radicular efetivo das culturas, considerando-se a profundidade de interesse para determinação da lâmina a ser aplicada.

Embora seja considerado um método confiável para determinação da umidade e da concentração da solução no mesmo volume de solo, a TDR apresenta custo elevado (SOUZA *et al.*, 2006a). Além disso, a necessidade de ajuste de equação, cujos parâmetros são atribuídos pela relação entre a constante dielétrica do solo com a umidade, é um fator decisivo para a operacionalização do equipamento.

Associada à umidade do solo, a lâmina de água a ser aplicada na irrigação pode também ser estimada pela evapotranspiração, que compreende a taxa de água evaporada de uma superfície úmida (solo e planta) somada à transpiração das plantas, a qual é controlada pela disponibilidade de energia, pelo poder evaporante do ar e pela água disponível do solo às plantas (PEREIRA *et al.*, 1997). A estimativa correta da evapotranspiração favorece o planejamento e manejo adequado dos sistemas de irrigação, minimizando os custos na aquisição dos equipamentos, bem como os impactos negativos da aplicação excessiva de água. Dentre esses impactos, podem ser citadas as perdas de solo e água, provenientes do escoamento superficial em áreas declivosas, fato observado com frequência em diversas regiões do Estado do Rio Janeiro (MACHADO *et al.*, 2008).

A evapotranspiração pode ser determinada ou estimada de diferentes maneiras. De acordo com Burman *et al.* (1983) citado por Vescove & Turco (2005), esta pode ser mensurada utilizando métodos diretos ou estimada por meio de informações climáticas. Dentre os métodos diretos incluem-se os lisímetros e o balanço de água no solo; enquanto os indiretos, estão enquadrados os métodos teóricos e empíricos, como os de Penman-Monteith, Penman, Thornthwaite, Blaney & Criddle, Jensen & Haise, Priestley & Taylor, Hargreaves e evaporímetros como o tanque “Classe A”, dentre outros.

Segundo Allen *et al.* (1998), o método de Penman-Monteith (PM FAO 56) proporciona resultados que se aproximam da evapotranspiração da cultura de referência (grama ou alfafa) em diferentes localidades, por representar as condições físicas presentes no processo e incorporar variáveis fisiológicas e aerodinâmicas. Segundo Alexandris & Kerkides (2003), a equação de PM FAO 56 é aceita universalmente para estimativas horárias e diárias da ETo. Segundo os autores, a mesma pode ser usada para fins práticos e de pesquisa, e diversos pesquisadores a recomendam, especialmente para períodos curtos de tempo.

2.4.1. Necessidade hídrica da cultura da batata

Aspectos ambientais e sócioeconômicos devem estar interligados para o uso e manejo da irrigação. Desta maneira, a obtenção de maior eficiência no uso de água é o fator importantíssimo para tornar a produção de batata mais competitiva e sustentável.

A produção orgânica minimiza a aplicação de insumos agrícolas industriais, como adubos minerais e defensivos químicos, além disso, visa otimizar a aplicação e o uso da água no cultivo. Assim, seja com a manutenção de cobertura morta sob a

superfície do terreno (OLIVEIRA *et al.*, 2008) e/ou com a adoção de sistema de irrigação com alta eficiência de aplicação, pode-se garantir um ambiente de produção agrícola mais conservacionista.

A água é o fator mais importante para a produção de batata, sendo possível aumentar os níveis de produtividade por meio de adequados programas de manejo de irrigação ao longo de sua fase de crescimento (YUAN *et al.*, 2003). No entanto, muitos produtores rurais não realizam um manejo otimizado da irrigação, o que acarreta em prejuízos no crescimento vegetal e consequentes decréscimos na produtividade e qualidade de tubérculos (AGUIAR NETTO *et al.*, 2000).

A batata é sensível ao déficit hídrico e para a obtenção de uma produtividade significativa, o conteúdo de água no solo não deve ser menor que 50% da máxima quantidade disponível para o sistema radicular (FOTI *et al.*, 1995), especialmente durante o período de tuberização (BEZERRA *et al.*, 1999). O estresse hídrico promove redução da área foliar, com consequente decréscimo no número, tamanho e porcentagem de tubérculos comercializáveis (AGUIAR NETTO *et al.*, 2000; LAHLOU & LEDENT, 2005; ONDER *et al.*, 2005). Por outro lado, o excesso de irrigação pode proporcionar anomalias nos tubérculos (GRIMM, 2007).

Segundo Doorenbos & Kassam (1979) os valores de coeficiente de cultivo (kc) para a cultura da batata variam de 0,4 a 0,5 (estádio vegetativo); 0,7 a 0,8 (desenvolvimento); 1,05 a 1,20 (intermediário); 0,85 a 0,95 (final); e 0,7 – 0,75 (maturação). Allen *et al.* (1998) apresentam os seguintes coeficientes de cultivo para a batateira: 0,5 (estádio inicial), 1,10 (estádio intermediário) e 0,75 (estádio final).

Para a batateira cultivada em Santa Maria (RS), Franke & König (1994) encontraram os coeficientes de cultura 0,51; 1,43; 1,14; 1,01 e 0,89, respectivamente, para 14, 23, 35, 53 e 91 dias após a emergência. Kashyap & Panda (2001), em clima subúmido, encontraram valores de kc de 0,42; 0,85; 1,27 e 0,57, para os estádios inicial, vegetativo, reprodutivo e maturação, respectivamente. Ainda, valores de kc obtidos por Pereira *et al.* (1995), em Botucatu (SP), não diferiram significativamente daqueles preconizados pela FAO (DOORENBOS & KASSAN, 1979), que foram de 0,53; 0,85; 1,46; 1,64 e 1,36 para os subperíodos semeadura-emergência, emergência-estádio vegetativo, vegetativo-estolonização e tuberização, estolonização e tuberização-desenvolvimento de tubérculos, e desenvolvimento de tubérculos-maturação, respectivamente, utilizando evapotranspiração de referência pelo método de Thornthwaite.

Quanto ao consumo hídrico, Pereira *et al.* (1995) também encontraram um consumo hídrico médio de 2,77 mm dia⁻¹, e 1,66; 1,88; 3,48; 3,18 e 2,24 mm dia⁻¹, respectivamente, nas fases anteriormente descritas. Além disso, Encarnação (1987), conduzindo experimento em lisímetros, encontrou um consumo hídrico total de 271,3 mm, e 1,7; 2,3; 3,1 e 3,4 mm dia⁻¹ durante as fases de emergência, vegetativo, floração e formação de tubérculos, e de desenvolvimento dos tubérculos, respectivamente.

Os valores de kc variam entre as condições de plantio, cultivar, época, tipo de solo, frequência de irrigação e chuva efetiva, além do método de estimação da evapotranspiração de referência e da cultura (HELDWEIN *et al.*, 2009). Sabe-se que, a determinação do balanço hídrico do solo, como a contabilização das entradas e saídas de água do solo apresenta algumas desvantagens, como a imprecisão na determinação da ascensão capilar e drenagem profunda, os quais podem tender a variação de

armazenamento de água do solo (FERREIRA, 2004). Além disso, esta indefinição pode estar associada com a falta de homogeneidade das características físicas do solo. Entretanto, o uso da TDR pode facilitar o manejo da irrigação da cultura da batata, uma vez que as leituras são instantâneas.

2.4.2. Fases de desenvolvimento da cultura da batata

A fase de emergência ao início de tuberização (II), ou fase vegetativa, se caracteriza pelo estabelecimento do sistema radicular, aumento da área foliar e fotossíntese (PAULA *et al.*, 2005). A duração desta fase depende da cultivar, do local, da época de cultivo. Neste estágio, a deficiência hídrica moderada ou severa, pode causar tanto a aceleração desta fase como causar a morte da planta (HELDWEIN *et al.*, 2009). No período que inicia com a tuberização à senescência (III), os fotoassimilados são translocados para formação dos estolões, crescimento da parte aérea, desenvolvimento e enchimento de tubérculos, sendo a planta bastante susceptível às pragas, doenças e déficit hídrico e nutricional. A falta de água, principalmente nesta fase, pode reduzir o número e o tamanho de tubérculos (BEZERRA *et al.*, 1998; FABEIRO *et al.*, 2001).

A duração da fase III é de 30 a 50, podendo variar entre épocas de cultivos e cultivar (HELDWEIN *et al.*, 2009). Além disso, o florescimento pode ocorrer, sendo dependente das condições climáticas e cultivar (FILGUEIRA, 2007).

Na última fase de desenvolvimento da cultura (da senescência ao ponto de colheita), observa-se amarelecimento das folhas e do caule, e o enchimento dos tubérculos atinge o seu ponto máximo. O ponto de colheita é determinado quando as folhas e caules tornam-se enegrecidas e os tubérculos atingem a maturidade final.

2.4.3. Sistemas de irrigação para a cultura da batata

O gotejamento pode promover maior eficiência no uso de água comparada à irrigação por aspersão, ou ainda, por sulcos (ERDEM *et al.*, 2006). Silva *et al.* (2007), em Itobi (SP), avaliaram o desempenho da batata cv. Monalisa, irrigada por gotejamento, em plantio com linhas simples e duplas. Com os resultados, os autores constataram que o cultivo em linha dupla proporcionou maior produtividade de tubérculos. Onder *et al.* (2005), ao avaliar os métodos de irrigação por gotejamento superficial (GS) e subsuperficial (GSS), verificaram que não houve diferença significativa de produção, mas o sistema GS apresentou menor custo de implantação.

Nunes *et al.* (2006) compararam o efeito de sistemas de irrigação por aspersão e gotejamento ao crescimento da batateira e à absorção de nutrientes, sob diferentes formas de preparo do solo. Os autores verificaram que o sistema de gotejamento proporcionou maior velocidade de emergência, fato explicado pela manutenção estrutural da camada superficial do solo, ao contrário do que se observa na irrigação por aspersão. No entanto, a absorção de nutrientes, como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio foram maiores no sistema de aspersão quando comparado ao

gotejamento, embora a eficiência de absorção desses nutrientes se apresentou maior nesse último.

Starr *et al.* (2008) avaliaram a produtividade, armazenamento, absorção e infiltração de água em sistemas de gotejamento e aspersão em plantio de batata, utilizando a tecnologia da TDR para aferir a umidade volumétrica. Os autores observaram que o sistema de gotejamento promoveu maior eficiência no uso da água, não demonstrando diferenças significativas em produtividade entre o sistema de aspersão.

Associar a tecnologia que proporcione maior eficiência do uso de água com o regime de irrigação mais apropriado, segundo as propriedades físicas do solo e condições climáticas do ambiente de cultivo, constitui uma ferramenta importante a fim de otimizar o uso da água para a produção da batata.

**3 CAPÍTULO I – EVAPOTRANSPIRAÇÃO E COEFICIENTE DE CULTIVO
DA BATATA EM SISTEMA AGROECOLÓGICO DE
PRODUÇÃO**

3.1 RESUMO

A determinação da evapotranspiração da cultura (ET_c) é um requisito essencial para o manejo eficiente da irrigação. Para estimativa da ET_c com maior precisão é necessário determinar os coeficientes de cultivo (k_c), que deve ser calibrado localmente na região de cultivo. Desta maneira, objetivou-se quantificar o consumo hídrico da batata (*Solanum tuberosum* L.) em Seropédica (RJ), por meio do balanço hídrico do solo, e determinar os coeficientes de cultura para os estádios de desenvolvimento da cultura. Além disso, o escopo do trabalho foi comparar os k_c's obtidos com os preconizados pela FAO, ajustados e não ajustados conforme as condições climáticas locais, e confrontar a ET_c obtida e calculada com estes coeficientes. E por último, simulou-se a ET_c, estimada por k_c's obtidos e preconizados pela FAO, por meio de série histórica de dados de evapotranspiração de referência (ET_o) estimada pela metodologia de Penman-Monteith-FAO e de chuva, obtidos no período de 1961 a 2007. Os k_c's obtidos foram 0,35, 0,45, 1,29 e 0,63, respectivamente, nas fases de plantio a emergência, emergência ao início de tuberização, início de tuberização ao início de senescência e início de senescência à colheita. A ET_c acumulada foi de 109,6, 142,2 e 138 mm, respectivamente para ET_c obtida em campo, ET_c a partir de coeficientes preconizados pela FAO e ET_c a partir de coeficientes preconizados e ajustados conforme às condições climáticas durante o período analisado. Nas condições simuladas obteve-se consumo hídrico superior às condições experimentais, devido à ET_o que se mostrou superior. Além disso, a partir dos dados climáticos obtidos a partir de série histórica, observou-se que a utilização de k_c's preconizados pela FAO, pode superestimar a quantidade de água na irrigação em 9%.

3.2 ABSTRACT

The aim of this study was to quantify the water consumption for the potato (*Solanum tuberosum* L.), in Seropédica (RJ), under organic management, to determine the crop-coefficients (kc's) for different stages of development and to simulate the crop evapotranspiration (ETc) using the kc's obtained in the field and that recommended by the FAO. The water consumption was obtained through the soil water balance using TDR probes installed at 0.15 and 0.30 m deep, The kc's was determined by the ratio of ETc and reference evapotranspiration obtained by Penman-Monteith FAO 56, at different stages of development. The kc's obtained were 0.35, 0.45, 1.29 and 0.63. The total accumulated ETc was 109.6 mm, while the total accumulated ETc from FAO's kc were 142.2 for the classical values and 138 mm for adjusted values to the local climatic conditions. The simulation of water consumption based on historical meteorological data series from 1961 to 2007 provided higher value of ETc compared with that obtained in the field. From the historical meteorological data series, it was observed that the use of kc's recommended by the FAO may overestimate the amount of irrigation water by 9%, over the same growing season.

3.3 INTRODUÇÃO

A produção agrícola irrigada consome 70% da água potável proveniente de rios e lençol freático (Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture, 2007), sendo que no Brasil, o consumo da água para irrigação está na faixa de 61% das águas doces disponíveis (FAO, 2010). Diante da preocupação mundial com a escassez de água potável, devido às mudanças climáticas globais, poluição, aumento populacional, dentre outros problemas, é conveniente adotar procedimentos para o aumento da eficiência do uso de água na irrigação.

A eficiência da irrigação pode ser aumentada ao utilizar sistemas por gotejo (ONDER *et al.*, 2005; SHOCK *et al.*, 2007; STARR *et al.*, 2008), e pode-se otimizar o uso da água com um manejo correto de irrigação, com base nas reais necessidades hídricas da cultura em condições locais de cultivo.

Para a determinação do consumo hídrico, ou da evapotranspiração da cultura (ETc), é necessário se conhecer os coeficientes de cultura (kc), os quais são influenciados pelos atributos fisiológicos da planta (albedo, propriedades aerodinâmicas, altura, resistência do dossel vegetativo), e pelas condições que afetam a evaporação da água do solo (ALLEN *et al.*, 1998). A FAO atribui kc's para diversas culturas em condições de clima subúmido, como exemplo para a batata (*Solanum tuberosum* L.), cujos valores são: 0,5, 1,25 e 0,75, respectivamente para os períodos inicial, médio e final. No entanto, estes coeficientes precisam ser ajustados conforme as condições locais, uma vez que os kc's preconizados pela FAO não consideram a variabilidade do clima, das práticas culturais e do manejo do solo e da água (MEDEIROS *et al.*, 2005).

Para determinação de kc's ajustados, Allen *et al.* (1998) recomendam a utilização de equações empíricas que incluem a frequência de chuvas, velocidade do vento, umidade relativa mínima e altura da planta. De outra forma, é possível a determinação de kc's por meio de experimentos (MIRANDA *et al.*, 2004; AMAYREH & AL-ABED, 2005), em que se determina a demanda evapotranspirométrica pela quantificação direta das variações da umidade do solo.

Diversos autores apresentam valores de kc diferenciados para batata (PEREIRA *et al.*, 1995; FRANKE & KONIG, 1994; KASHYAP & PANDA, 2001). Assim, a partir da relação destes valores com a evapotranspiração de referência (ETo), pode-se obter estimativas da ETc com maior precisão para cada ambiente de cultivo. O uso de valores de ETc mais concisos permite o melhor dimensionamento dos sistemas de irrigação, além de quantificar corretamente as lâminas que atendam à necessidade da cultura (SOUZA *et al.*, 2009; OLIVEIRA *et al.*, 2010).

A água é o fator mais importante para a produção de batata, sendo possível aumentar seus níveis de produtividade por meio de adequados programas de manejo de irrigação ao longo de sua fase de crescimento (YUAN *et al.*, 2003). No entanto, muitos produtores rurais não adotam um manejo otimizado da irrigação, o que acarreta em prejuízos no crescimento vegetal e consequentes decréscimos na produtividade e qualidade de tubérculos (AGUIAR NETTO *et al.*, 2000).

Com base no exposto, desenvolveu-se este trabalho com o objetivo de se quantificar o consumo hídrico da batata (*Solanum tuberosum* L.) em Seropédica (RJ), por meio do balanço hídrico do solo, e determinar os coeficientes de cultura para os estádios de desenvolvimento da cultura. Além disso, objetivou-se comparar os valores de k_c 's obtidos com os preconizados pela FAO, ajustados e não ajustados conforme as condições climáticas locais, e o confronto da ET_c obtida e calculada com estes coeficientes. E por último, a simulação da ET_c estimada por k_c 's obtidos e preconizados pela FAO, empregando uma série histórica de ET_o e chuva efetiva (mm) do período de 1961 a 2007.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na área experimental do Sistema Integrado de Produção Agroecológica, localizado em Seropédica-RJ (22°45'06" S e 43°40'25"O), no período de 7 de maio a 2 de agosto de 2010. O solo da área foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico A moderado, textura média/arenosa (EMBRAPA, 2006).

A batata (*Solanum tuberosum* L.), cultivar Opaline, foi cultivada no período de 7 de maio a 2 de agosto de 2010. Plantou-se a batata-semente em uma área de 80 m², utilizando parcelas com dimensões de 5,0 m de comprimento por 3,2 m de largura. As parcelas foram constituídas por dois canteiros formados com duas fileiras cada, com 50 plantas, espaçadas 0,8 m entre fileiras e 0,4 m entre plantas, e com 0,10 m de profundidade, em canteiros. Antes do plantio, a área foi adubada com esterco na quantidade de 62,1 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 100 kg ha⁻¹ de sulfato de potássio (K₂O 50%). Aos 30 dias após plantio, realizou-se a amontoa e realizou-se uma adubação com um composto de torta de mamona, equivalente a 90 kg ha⁻¹ de N.

Utilizou-se o sistema de gotejamento composto por gotejadores sobrelinha autocompensantes (modelos Katif e Supertiff – PLASTRO), espaçados 0,2 metros entre si. Por meio de teste em campo, com a coleta da vazão de 8 gotejadores por parcela, determinou-se uma vazão média dos gotejadores de 6,87 L h⁻¹.

O sistema foi montado em fileiras simples, constituído por uma linha de derivação de PVC de 50 mm e linhas laterais com mangueiras de polietileno de 16 mm (Figura 1). A fim de manter as condições adequadas de pressão na linha visando melhor uniformidade, as irrigações eram realizadas simultaneamente em duas fileiras de plantas em cada canteiro.



Figura 1. Sistema de irrigação empregado no experimento.

A pressão na linha de derivação foi monitorada pelo uso de manômetro, que auxiliou na manutenção da pressão em nível de 150 kPa durante o funcionamento.

O manejo da irrigação foi realizado com base no monitoramento da umidade do solo, e para isso, foram instaladas cinco baterias de sondas de TDR, nas profundidades referentes a 0-0,15 e 0,15-0,30 m, cujas leituras foram realizadas a cada dois dias.

A irrigação era realizada quando os valores de umidade se apresentavam abaixo da capacidade de campo, cujos teores foram obtidos pelo método no campo. E ainda, obtiveram-se amostras a partir de anel volumétrico de 98,2 cm³ para determinação da densidade e da curva de retenção da umidade do solo, pelo método da membrana de “Richards” (panela de pressão), realizado na Embrapa Solos (RJ).

Inicialmente, o manejo da irrigação foi realizado com base no valor da umidade referente à capacidade de campo (θ_{cc}) de 0,214 cm³cm⁻³ (valor obtido diretamente no campo na 15 cm). Posteriormente, adotou-se θ_{cc} de 0,26 cm³ cm⁻³, valor referente à profundidade de 0-30 cm, momento em que as raízes atingiram as camadas inferiores do solo.

O balanço hídrico no solo foi realizado contabilizando a lâmina de irrigação aplicada (I), a variação da armazenagem do solo (ΔSW) e a precipitação efetiva (Pe) (Equação 1). Conforme Garcia y Garcia *et al.*(2009), outros variáveis do balanço hídrico como escoamento superficial, drenagem profunda, ascensão capilar e variação dos fluxos subsuperficiais de entrada e saída foram considerados nulos.

$$ETc = I + Pe \pm \Delta SW \quad (1)$$

Para avaliação da precipitação efetiva (Pe), considerou-se a lâmina de água precipitada (mm) que proporcionou alteração na umidade do solo e que foi efetivamente disponibilizada para a cultura.

A lâmina de irrigação foi calculada pela média dos valores de umidade das parcelas, determinadas pelas leituras da TDR. Inicialmente, adotou-se a porcentagem de área molhada de 50%, devido à maior representação da área de atuação dos gotejadores nas fileiras de cultivo. Em virtude do aumento da porcentagem de sombreamento da cultura da batata sob a área de cultivo, adotou-se a porcentagem de área sombreada (PAS), cujos valores foram estimados por meio de observações no campo, os quais variaram de 50 a 100%. Logo, os valores de PAM e PAS foram utilizados no cálculo da lâmina, considerando uma eficiência de aplicação de 90% (KELLER E BLIESNER (1990).

A partir do balanço de água no solo foi possível a estimativa da evapotranspiração da cultura (ETc) durante os 89 dias de cultivo, sendo o mesmo dividido em 4 subperíodos, assim denominados: plantio à emergência (I); emergência ao início da tuberização (II); início da tuberização ao início da senescência (III); início da senescência à colheita (IV).

Para a estimativa dos coeficientes de cultivo (kc's) da batateira, adotou-se os valores de ETc, obtidos pelo balanço de água no solo, e os valores diários de evapotranspiração de referência (ETo), estimados pelo método de Penman-Monteith-FAO 56 (PMF) (ALLEN *et al.*, 1998). A ETo foi calculada com base nos dados meteorológicos coletados em uma estação automática instalada na área experimental.

Os valores de kc obtidos foram então comparados com os preconizados pela FAO: $kc_{ini} = 0,50$; $kc_{med} = 1,15$ e $kc_{fim} = 0,75$, os quais também foram ajustados para as condições climáticas locais. Para isso, foram utilizadas as equações 2 e 3 (ALLEN *et al.*, 1998), para determinação do kc intermediário e final, respectivamente.

$$kC_{med(aju)} = kC_{med(tab)} + \left[0,04(u_2 - 2) - 0,004(UR_{min} - 45) \right] \left(\frac{h1}{3} \right)^{0,3} \quad (2)$$

em que:

$kC_{med(aju)}$ = kc intermediário ajustado;

$kC_{med(tab)}$ = kc intermediário tabelado;

u_2 = velocidade média de ventos a 2 metros de altura ($m s^{-1}$);

UR_{min} = média da umidade relativa mínima, $20\% \leq UR_{min} \leq 80\%$;

$h1$ = altura da planta no estádio intermediário (m).

$$kC_{fim(aju)} = kC_{fim(tab)} + \left[0,04(u_2 - 2) - 0,004(UR_{min} - 45) \right] \left(\frac{h2}{3} \right)^{0,3} \quad (3)$$

em que:

$kC_{fim(aju)}$ = kc final ajustado;

$h2$ = altura da planta no estádio final (m).

Para a fase inicial, a correção de kc foi realizada com auxílio do gráfico apresentado no boletim FAO-56 (ALLEN, *et al.*, 1998). Ressalva-se que os coeficientes da FAO (ALLEN *et al.*, 1998) foram estimados diariamente conforme a duração das fases da cultura, a partir da metodologia de construção da curva de kc's adaptada pelo Documento FAO-56. Para isso, consideraram-se constantes os kc's das fases I e III, e adotou-se o kC_{fim} , como aquele observado no último dia da fase IV. Os kc's dos estádios II e IV foram determinados pela equação (4) (ALLEN *et al.*, 1998).

$$kC = kC_{fase(anterior)} + \left[\frac{kC_{fase(próximo)} - kC_{fase(anterior)}}{L_{estádio}} \right] \times NDC \quad (4)$$

em que:

$L_{estádio}$ = número de dias do estádio fenológico considerado;

NDC = posição do dia representativo à duração do estádio fenológico considerado.

A partir da relação dos valores de kc's ajustados e não ajustados da FAO (DOORENBOS & KASSAM, 1979) com a ETo estimada diariamente pelas metodologias de PMF, realizou-se uma simulação do consumo hídrico da batateira no período realizado. A precipitação efetiva ocorrida no período de desenvolvimento da batata foi subtraída ETc simulada a fim de melhor representar as condições reais de cultivo.

Simulou-se também a necessidade hídrica da batateira sob condições meteorológicas referentes a uma série histórica de 1961 a 2007. Com os dados da série, estimou-se a ETo por PMF, utilizando os coeficientes "a" e "b" (valores de "a" variaram de 0,232 a 0,299 e "b" de 0,397 a 0,504) da equação de Angström-PreScott calibrados localmente (SILVA *et al.*, 2010), para a estimativa da radiação solar. A precipitação provável foi calculada utilizando-se o método da Distribuição Gama de probabilidade (CARVALHO *et al.*, 2000), considerando o nível de 75% de probabilidade.

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 estão apresentados o comportamento sazonal da temperatura média do ar, radiação solar global e chuva total durante os 88 dias de cultivo, bem como as lâminas de evapotranspiração acumuladas. Observa-se que a temperatura média apresentou valores que variaram de 16 a 26°C. A máxima temperatura encontrada foi de 34°C, ocorrida no dia do plantio, enquanto a mínima foi de 11°C, ocorrida no dia 14 de junho.

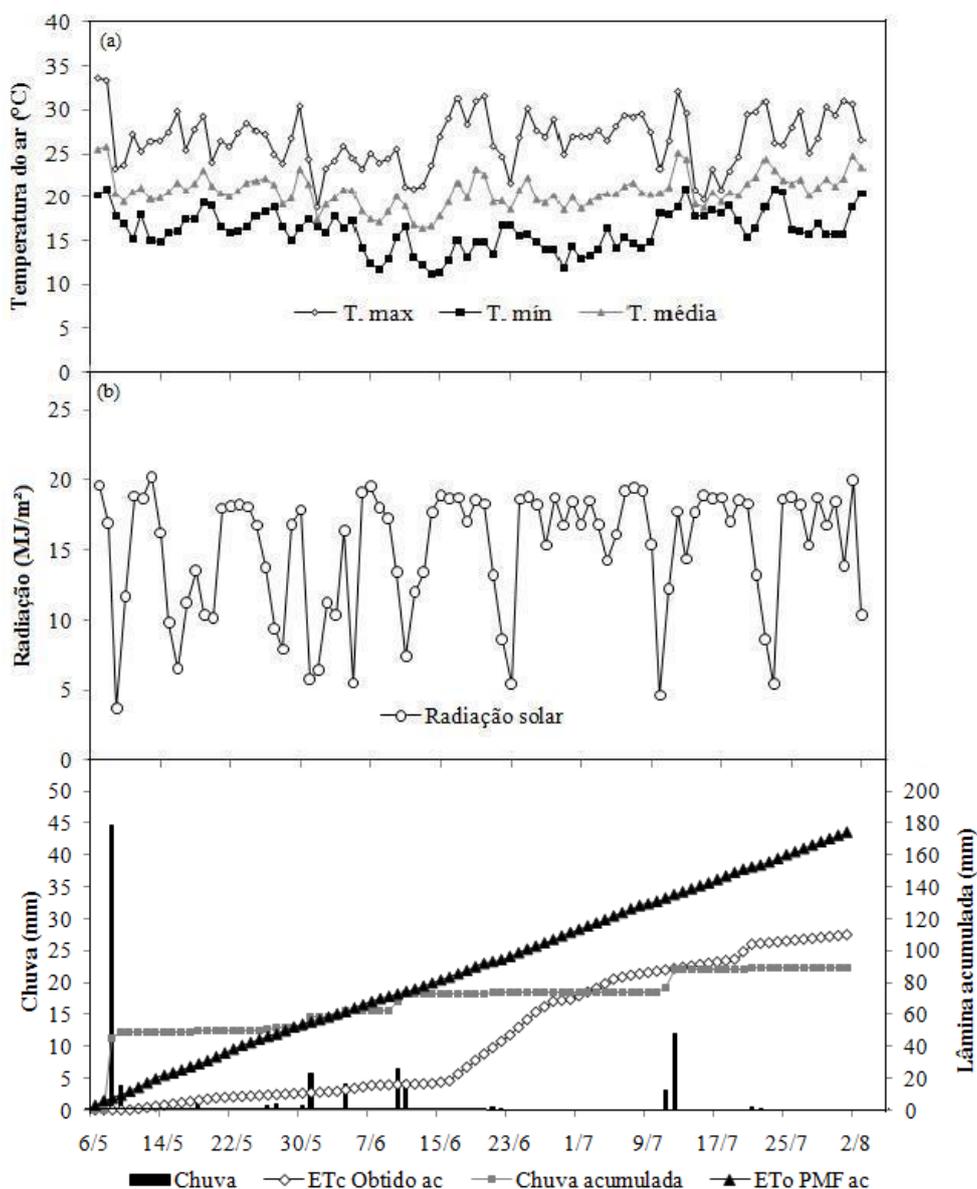


Figura 2. Condições climáticas durante o período de cultivo: (a) temperatura do ar; (b) radiação solar global; (c) chuva total, chuva total acumulada, evapotranspiração de referência acumulada pelos valores de ETo estimados pela metodologia de PMF (ETo PMF ac) e evapotranspiração da cultura acumulada (ETc Obtido ac).

A radiação solar global foi expressivamente baixa nos períodos chuvosos, variando de 4 a 8 MJ m⁻², enquanto nos períodos mais secos, esta foi até 21 MJ m⁻², refletindo diretamente na demanda evaporativa da atmosfera. Nota-se que os dias mais chuvosos coincidiram com a fase inicial de cultivo (até 32 DAP), nos quais a lâmina precipitada equivaleu a 57% da precipitação ocorrida em todo o período.

A evapotranspiração de referência estimada pelo método de PMF totalizou 174,0 mm, com média diária de 1,98 mm. O valor máximo estimado foi de 3,0 mm dia⁻¹ (em 07/05), enquanto o mínimo foi de 1,02 mm d⁻¹, em 10/07. Pelo método de TCA, a ETo acumulada foi de 155,89 mm, sendo o valor máximo estimado de 4,53 mm d⁻¹ (22/07) e mínimo de 0,75 mm d⁻¹ (23 de junho).

Barros *et al.* (2009) observaram que tanto o método do TCA como o PMF são considerados adequados para estimativa da ETo na região de Seropédica (RJ). Os autores encontraram ótimo desempenho para os dois métodos quando comparados com o lisímetro de pesagem na estimativa de ETo em períodos de 3 e 5 dias.

A evapotranspiração da cultura totalizou 109,6 mm (Figura 2), sendo desta, 19,35 mm a parcela referente à precipitação efetiva. A lâmina de 90,25 mm foi aplicada em 15 eventos de irrigação, como resposta ao monitoramento da umidade do solo pela TDR.

A Tabela 2 apresenta os coeficientes de cultivo para a cultura da batata em diferentes fases de desenvolvimento. Os kc's obtidos compreendem os valores médios nas respectivas fases de desenvolvimento, com base no balanço de água no solo. Na Tabela 2 também estão apresentados os valores de kc ajustados, com base nas equações 2 e 3, a partir daqueles propostos por Allen *et al.* (1998). Os valores nas fases I+II, III e IV se referem, respectivamente, ao kc_{ini}, kc_{med} e kc_{fim}. Para o kc_{ini}, não houve variação entre o valor corrigido e o proposto pela FAO, contudo, este foi estimado pelo método gráfico, em que os eventos de molhamento (irrigação ou chuva efetiva) apresentaram lâminas de infiltração inferiores a 10 mm, sob intervalo de 10 dias, e média de ETo de 2,24 mm d⁻¹.

Tabela 2. Coeficiente de cultura (kc) para batata (*Solanum tuberosum* L.) obtidos em campo e kc's recomendados pela FAO ajustados conforme as condições climáticas, para a região de Seropédica (RJ).

Fase	Data	kc obtido	kc FAO ajustado
I	7/05 a 23/05	0,35	0,50
II	24/05 a 8/06	0,45	*
III	09/06 a 22/07	1,29	1,12
IV	23/07 a 02/08	0,63	0,69

* obtido pelo método gráfico

Verifica-se na Tabela 2 que o valor obtido em campo foi superior ao recomendado pela FAO apenas na fase III, que correspondeu ao período de 09/06 a 22/07. Até o início deste período, o monitoramento da umidade do solo com a TDR considerava a camada de 0-15 cm. A partir de 17/06, em função do desenvolvimento do

sistema radicular da batateira, o monitoramento passou a ser realizado no perfil correspondente a 0-30 cm, proporcionando maiores lâminas de irrigação e, conseqüentemente, maior relação ET_c/ET_o . Neste período, a ET_o apresentou valor médio de apenas $1,91 \text{ mm dia}^{-1}$. Na fase inicial de cultivo (I), valor inferior de kc foi obtido em relação à FAO em virtude da ocorrência de chuva de $49,9 \text{ mm}$ (Figura 2), sendo apenas $8,7 \text{ mm}$ considerada efetiva. Portanto, a relação ET_c/ET_o se manteve baixa, tendo em vista uma ET_o média de $2,24 \text{ mm dia}^{-1}$ (Figura 3).

A Figura 3 apresenta as curvas de kc construídas a partir dos valores apresentados na Tabela 2, bem como dos valores originais propostos pela FAO. Pela metodologia apresentada, a curva fornece um valor diário para kc . Os valores de kc_{med} e kc_{fim} ajustados foram inferiores aos propostos pela FAO. Os valores médios de u_2 e UR_{min} foram de $1,25 \text{ m s}^{-1}$ e $50,7 \%$ e de $1,45 \text{ m s}^{-1}$ e $44,0 \%$, respectivamente, para as fases III e IV.

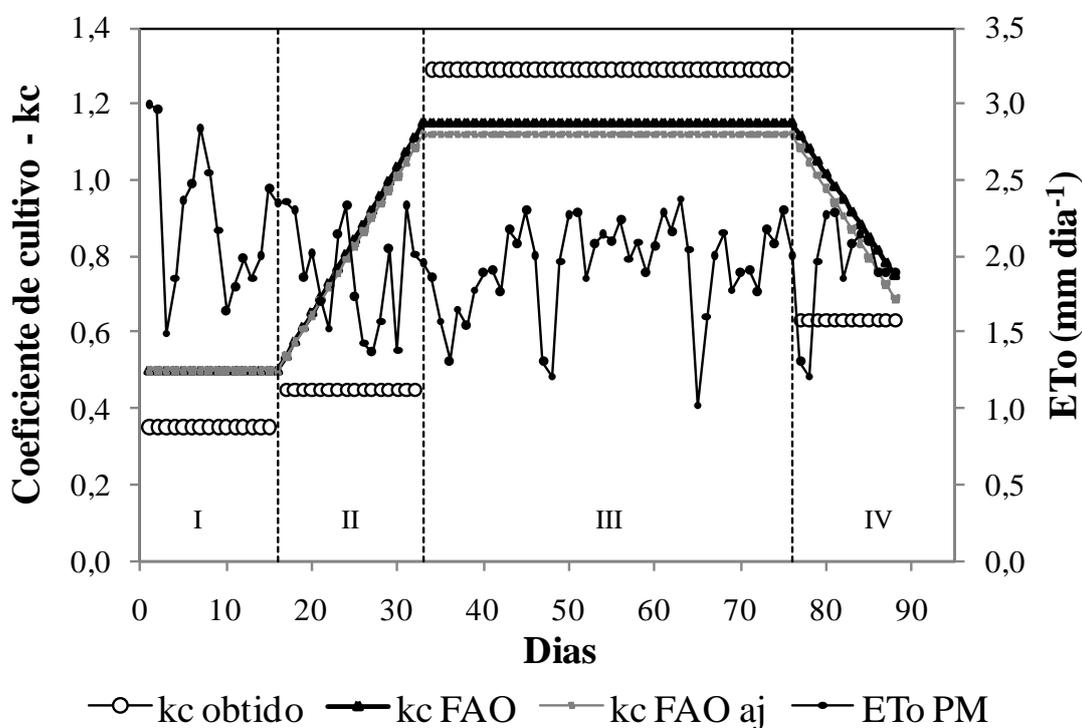


Figura 3. Coeficientes de cultivo para a cultura da batata.

Os kc 's para o cultivo de inverno da batata na região de Botucatu (SP) foram de $0,53$; $0,85$; $1,55$ e $1,33$, respectivamente, para as fases de I, II, III e IV (PEREIRA *et al.*, 1995). Kashyap e Panda (2001), em um clima subúmido, obtiveram valores de $0,42$; $0,85$; $1,27$ e $0,57$, respectivamente, para as mesmas fases. Pelos valores encontrados neste estudo e nos trabalhos em literatura, mostram a necessidade de estudos regionais (locais) para a determinação de kc .

As diferenças encontradas de kc neste estudo, com relação à FAO e a outros trabalhos podem ser explicadas pelos parâmetros utilizados na determinação das fases

fenológicas, as quais foram baseadas em observações locais, levando em consideração a cultivar, as condições climáticas e as práticas culturais adotadas. Conforme Allen *et al.* (1998), estes estádios precisam ser determinados localmente para que se possa inferir com maior precisão a evapotranspiração da cultura e, conseqüentemente, a lâmina de irrigação a ser aplicada.

A Figura 4 apresenta a evapotranspiração acumulada para cada fase de desenvolvimento e para todo o ciclo, conforme as metodologias anteriormente descritas. De acordo com Doorenbos & Kassam (1979), a necessidade hídrica da batateira varia de 500 a 700 mm, para um ciclo de 120 a 150 dias em regiões subúmidas. A menor ETc acumulada encontrada neste estudo é atribuída à duração do ciclo da batata, à redução da evaporação da água proporcionada pelo gotejamento (MIRANDA *et al.*, 2004), além da baixa demanda evaporativa da atmosfera.

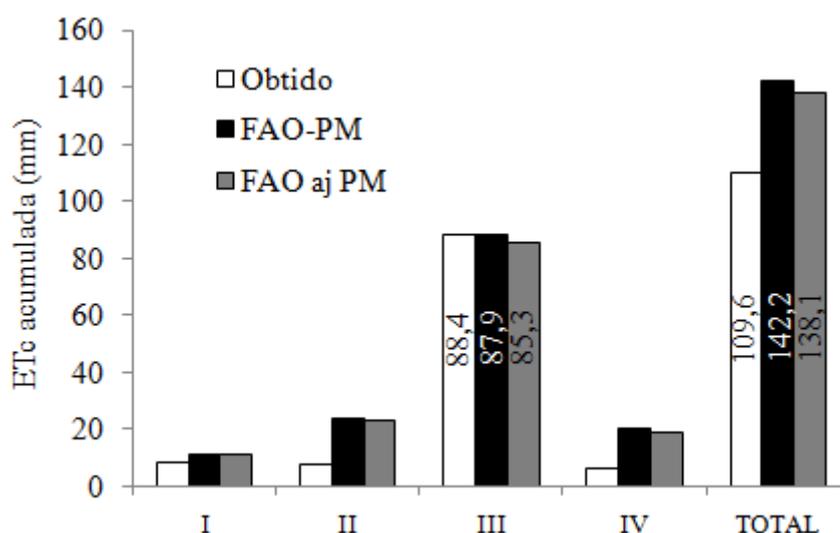


Figura 4. Evapotranspiração acumulada obtida em campo e a partir de coeficientes preconizados pela FAO, para cada fase de desenvolvimento da batateira.

Os valores de ETc acumulados na fase I foram de 8,1 e 11,1, respectivamente, para a metodologia de campo e simulada pelos kc's da FAO. Conforme apresentado na Figura 3, o kc obtido em campo para essa fase foi inferior ao apresentado por Allen *et al.* (1998), proporcionando uma ETc acumulada 27,2 % inferior à simulada. Na fase II, os valores de ETc acumulados foram mais discrepantes, atingindo 7,24; 23,31 e 22,82 mm, respectivamente, para a metodologia de campo, FAO-PMF e FAO aj PMF. Vale ressaltar que nesta fase, o manejo da irrigação ainda estava sendo realizado considerando profundidade efetiva do sistema radicular de 0,15 m, associado ao fato da ETo média do período atingir o valor mais baixo (1,86 mm dia⁻¹) ao longo do ciclo.

Na fase III, as metodologias utilizadas proporcionaram resultados semelhantes na ETc acumulada da cultura da batateira (Figura 4). Os valores simulados pela FAO-PMF e FAO aj PMF foram inferiores, respectivamente, 0,6% e 3,4% em relação à ETc

obtida em campo. Para a fase IV, como observado na fase II, o valor acumulado de ETc foi superior em 3,4 (FAO-PMF) e 3,2 (FAO aj PMF) vezes à quantidade de água necessária (obtida em campo). Neste estágio de desenvolvimento da cultura, a aplicação superior à necessária pode comprometer a qualidade dos tubérculos produzidos, bem como atrasar a colheita (MAROUELLI *et al.*, 1988; FONTES *et al.*, 2007).

Quanto à ETc total, verificou-se que a utilização de kc's preconizados pela FAO, ajustados ou não, implicaria em aplicação de água superior à necessária, equivalente à 29,7% (FAO-PM) e 26% (FAO aj PM), o que resultaria em baixa eficiência no uso da irrigação, se considerar a produção máxima sendo obtida quando se aplica uma lâmina correspondente a, aproximadamente, 100% da ETc (PATEL & RAJPUT, 2007; KING, 2010).

Considerando os valores obtidos em campo, o consumo hídrico médio variou entre os diferentes estádios de desenvolvimento da batateira, sendo de 0,51; 0,42; 2,0 e 0,49 mm dia⁻¹, respectivamente, para I, II, III e IV. Além do maior crescimento radicular, a fase III se caracteriza como aquela em que os fotoassimilados são translocados para formação dos estolões, crescimento da parte aérea, desenvolvimento e enchimento de tubérculos, demanda maior quantidade de água (BEZERRA *et al.*, 1998; FABEIRO *et al.*, 2001).

A ETc estimada a partir da série histórica de ETo e de chuva provável mostrou que a simulação a partir dos kc's obtidos também implicaria em menor consumo hídrico total acumulado em relação ao consumo simulado a partir dos kc's preconizados pela FAO (Figura 5). Além disso, observa-se que a ETc acumulada a partir dos kc's obtidos neste estudo foi superior àquela apresentada na Figura 4. Este fato é explicado pelas condições meteorológicas provenientes da série histórica utilizada, as quais propiciaram estimativa de ETo maior do que as condições observadas no período experimental. Utilizando os dados da serie histórica, a ETo média foi de 2,28 mm dia⁻¹.

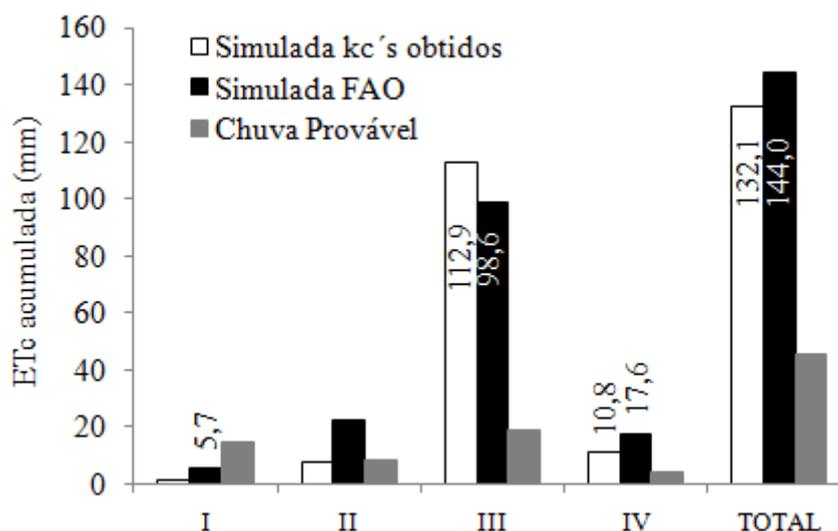


Figura 5. Simulação da ETc a partir de coeficientes “obtidos” e preconizados pela FAO, para o período de 7 de maio a 2 de agosto de 2010, com base em série histórica de 1961 a 2007.

A ETc simulada a partir do kc obtido no período I foi de 0,90 mm. Neste período a chuva provável e a ETo apresentaram valores respectivamente de 14,3 mm e 2,34 mm dia⁻¹. Desta maneira, com o incremento significativo da precipitação efetiva, espera-se que a irrigação neste período seja baixa. No entanto, deve-se avaliar a escolha adequada do kc, uma vez que, caso adotasse o kc preconizado pela FAO, aplicar-se-ia água em excesso (5,7 mm) para a cultura da batata, nas condições edafoclimáticas consideradas.

Para o período II, em que a chuva provável foi de 8,1 mm e média de ETo de 2,17 mm dia⁻¹ a ETc simulada a partir do kc “obtido” e preconizado pela FAO, foi respectivamente 7,56 e 22,23 mm. Estes valores simulados foram mais próximos aos obtidos no período considerado, em que se espera aumento expressivo da demanda de irrigação ao utilizar o kc da FAO.

Nas condições simuladas no período III, observou-se que ao utilizar o kc preconizado pela FAO a quantidade de água necessária para esta fase seria subestimada em 14,4 mm. Todavia, o valor de ETc foi superior ao obtido devido à ETo que apresentou o valor médio e máximo respectivamente de 2,32 e 3,09 mm dia⁻¹. Por outro lado, na fase IV, simulou-se um consumo hídrico superior ao utilizar kc preconizado pela FAO, que por sua vez foi superior à ETc obtida nas condições experimentais. Na fase IV a média de ETo simulada a partir da série histórica apresentou valor médio de 2,18 mm dia⁻¹ e chuva provável efetiva de 4,3 mm, o que refletiu em ETc simulado superior ao valor obtido.

3.6 CONCLUSÃO

Quando à economia no uso de água, pode-se elucidar que esta variou em função do manejo de irrigação adotado, principalmente pelo ajuste do kc sobre as condições de cultivo. Não obstante, com os resultados obtidos demonstra-se que a utilização de kc's preconizados pela FAO pode superestimar a quantidade de água em 30%. Quanto às condições simuladas a partir de série histórica pode-se economizar a lâmina total de irrigação em 9%, ao utilizar os kc's calibrados em Seropédica (RJ).

A técnica da irrigação associada com a estimativa precisa de coeficientes de cultura constitui uma ferramenta importante de otimização do uso da água para a produção de batata. Não obstante, o manejo da irrigação via solo deve ser preferencial em relação ao uso de parâmetros climáticos.

**4 CAPÍTULO II – PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA DA
BATATA (*Solanum tuberosum* L.) EM SISTEMA DE
PRODUÇÃO AGROECOLÓGICO**

4.1 RESUMO

A batata é uma fonte alimentar básica, e para se atingir a sustentabilidade em seu cultivo são necessários manejos adequados da irrigação e da adubação. Dentro deste contexto, a agricultura orgânica se insere como uma alternativa, tanto para garantir a produtividade quanto para conservar os recursos naturais. Nesse estudo, foram avaliadas diferentes lâminas de irrigação para o cultivo orgânico da batata (*Solanum tuberosum* L. cv. Opaline) em Seropédica-RJ. O experimento foi conduzido, em dois períodos: 29 de junho a 30 de setembro de 2009 e 7 de maio a 3 de agosto de 2010. O delineamento experimental foi blocos ao acaso com os tratamentos representados por lâminas de irrigação disponibilizadas pelos seguintes gotejadores: 0 (T0), 2,3 L h⁻¹ (T1), 3,75 L h⁻¹ (T2), 6,05 L h⁻¹ (T3) e 7,8 L h⁻¹ (T4) e 5 repetições. No entanto, para o ano de 2009 utilizou-se o esquema em parcelas subdivididas, onde as parcelas foram caracterizadas pelas lâminas de irrigação citadas acima e as sub-parcelas por 2 doses de adubação de torta de mamona (0 e 90 kg ha⁻¹). Para o segundo plantio (2010), utilizou-se a dose recomendada da torta de mamona do ano anterior sob efeito das lâminas supracitadas. O período de cultivo da batata em 2009 foi caracterizado como chuvoso (262,3 mm), contudo, totalizaram-se as seguintes lâminas totais acumuladas: 83,1 (T0); 86,4 (T1); 86 (T2); 85 (T3) e 81,7 mm (T4). Não foram observadas mudanças significativas nos parâmetros de produtividade de tubérculos de batata. A adubação com torta de mamona foi responsável pelo incremento em 18% e 19% da produtividade total e comercial de tubérculos, respectivamente. As produtividades médias totais para as duas condições de adubação foram de 13,9 e 16,31 ton ha⁻¹, respectivamente, para ausência e presença de adubação de cobertura. Para o ano de 2010, o total precipitado foi de apenas 91 mm, sendo 57% ocorrido durante os estádios I e II da cultura da batata. A lâmina total acumulada foi de 22,8 (T0); 59,30 (T1); 82,61 (T2); 109,60 (T3) e 121,88 mm (T4), as quais também não afetaram significativamente os parâmetros de produtividade, que atingiu 13 ton ha⁻¹. Contudo, foi observada uma antecipação do ponto de colheita para os tratamentos que receberam menores lâminas de irrigação (T0 e T1), em 18 e 11 dias, respectivamente. Quanto à eficiência no uso da água, observou-se a expressão $y = 0,0435x^2 - 9,0182x + 557,12$, sendo x a lâmina (mm) e y a produtividade (kg ha⁻¹). Sobre os parâmetros vegetativos, observou-se que quanto maior o número de folhas, hastes laterais, comprimento e diâmetro, menor o número de tubérculos totais. Além disso, verificou-se comportamento quadrático das lâminas totais acumuladas sobre o número de folhas e hastes laterais. E não houve diferenças significativas entre o comprimento e diâmetro de hastes em função das lâminas totais acumuladas. Concluiu-se que a adubação com torta de mamona em cobertura é promissora para obtenção de maior produtividade de tubérculos; os níveis de irrigação podem prolongar o ciclo da batata; a cultivar Opaline mostrou-se produtiva sob os baixos e altos níveis de suprimento hídrico; há necessidade de mais estudos sobre as datas recomendadas de plantio da cultura da batata nas condições edafoclimáticas de Seropédica –RJ

4.2 ABSTRACT

The potato is a basic food source and an adequate irrigation and fertilization are necessary for a sustainable crop management. Within this context, organic agriculture is inserted as an alternative to ensure productivity and to conserve natural resources. In Seropédica-RJ, different irrigation depths for organic cultivation of potato (*Solanum tuberosum* L. "Opaline") were evaluated. The experiment was conducted in two periods: June 29 to September 30 of 2009 and May 7 to August 3 of 2010. The experimental design was randomized blocks with treatments represented by depths of irrigation, which were available for the following drippers: 0 (T0), 2.3 L h⁻¹ (T1), 3.75 L h⁻¹ (T2), 6.05 L h⁻¹ (T3) and 7.8 L h⁻¹ (T4) with five repetitions. For the growing season of 2009, the split plots design were utilized, where plots were water depths mentioned above and the sub-plots were two doses of castor cake fertilization (0 and 90 kg ha⁻¹). For the second growing season (2010), the recommended dose of castor cake (TM) obtained in the previous year (2009) were utilized under the depth of irrigation available by drippers characterized above. The cultivation of potatoes in 2009 was characterized as rainy (249 mm), however, the total water accumulated were 83.1 (T0), 86.4 (T1) 86 (T2), 85 (T3) and 81.7 mm (T4). No significant changes in productivity parameters of potato tubers were found. Fertilization with castor cake, was responsible for the increase by 18% and 19% of the total and commercial tuber, respectively. The average productivity of total tubers for both fertilization conditions were 13.9 and 16.31 ton ha⁻¹ respectively in the absence and presence of castor cake. For the year 2010, the total precipitation was 91 mm, which 57% occurred during the I and II stages. The total water accumulated was 22.8 (T0); 59.30 (T1); 82.61 (T2); 109.60 (T3) and 121.88 mm (T4), which did not affect the productivity parameters, which reached 13 ton ha⁻¹. However, it was observed an earlier harvest point for the treatments that received smaller irrigation depth. The expression of the efficiency of water use was $y = 0.0435 x^2 - 9.0182 x + 557.12$, where x irrigation depth (mm) and y the yield (kg ha⁻¹). About the vegetative parameters, it was observed that the number of leaves, lateral branches, length and diameter influenced directly the total number of tubers. And the number of leaves and lateral branches resulted a quadratic equation, for the total water accumulated. No significant differences between length and diameter of rods were found. It can be concluded: fertilization with castor cake is promising to achieve higher productivity of tubers;. the depths of irrigation can extend the cycle of potato; the Opaline cultivar proved to be productive under low and high levels of water supply; it's necessary more studies about the recommended planting dates of potato, to the soil and climate conditions of Seropedica-RJ.

4.3 INTRODUÇÃO

Originária da região Andina, a batata (*Solanum tuberosum* L.) é rica em nutrientes, fibras e antioxidantes (HAASE, 2008), e é o quarto cultivo em importância no mundo, depois do trigo, arroz e milho (JANSKY *et al.*, 2009). No Brasil a produtividade alcança em média 25 Mg ha⁻¹, enquanto que nos Estados Unidos da América esta pode atingir 40 Mg ha⁻¹⁽²⁾. Embora as cultivares comumente cultivadas não sejam potencialmente adaptadas às condições climáticas brasileiras, devido às altas temperaturas e fotoperíodo mais curto, o país apresenta vantagens em produção ao longo do ano, podendo desenvolver até 3 cultivos distintos (MENEZES *et al.*, 1999).

A safra de inverno, correspondendo a 13% da produção total (FILGUEIRA, 2007), é proveniente dos meses de maio a julho, sendo as regiões de baixadas das mais favorecidas, mesmo havendo necessidade de investimento em irrigação. Nestes ambientes, onde a batata é produzida em período de baixo índice pluviométrico, observa-se que a escassez de água o que pode limitar a produção e a qualidade dos tubérculos (YUAN *et al.*, 2003; ONDER *et al.*, 2005; ERDEM *et al.*, 2006; SHOCK *et al.*, 2007).

A técnica da irrigação envolve o conhecimento da cultura, do clima, do solo e de práticas agrícolas adotadas no cultivo, e deve estar relacionada com o nível de tecnologia empregado pelo produtor agrícola e com a eficiência do uso da água (PEREIRA, 1999). Assim, deve-se analisar a viabilidade técnica, econômica e ambiental do empreendimento para que seja possível aumentar a produtividade e a sustentabilidade da agricultura irrigada. Nesse sentido, o uso do sistema de gotejamento pode aumentar a eficiência no uso de água (STARR *et al.*, 2008), diminuir a lixiviação de nutrientes (WADDELL *et al.*, 1999), otimizar a fertirrigação (MOHAMMAD *et al.*, 1999) e diminuir gastos com energia elétrica (PATEL & RAJPUT, 2007). Entretanto, deve-se ressaltar a possível interferência do sistema no preparo, amontoa e operações da colheita da batata (STARR *et al.*, 2008).

O manejo de irrigação pode ser realizado a partir do monitoramento agrometeorológico, no entanto, pode-se otimizar o uso da água por meio da determinação do conteúdo de água do solo ou pelo balanço hídrico do solo. Dentre as diversas técnicas, destacam-se o tensiometria (PAVANI *et al.*, 2008) e a Reflectometria no Domínio do Tempo (TDR), que permite determinar a umidade do solo por meio da relação com a constante dielétrica do solo (TOPP *et al.*, 1980, CICHOTA & VAN LIER, 2004; PEREIRA *et al.*, 2006; SOUZA *et al.*, 2006b).

Adicionalmente às técnicas de otimização do uso da água, a agricultura orgânica ou agroecológica se insere como uma alternativa viável em garantir produtividade e qualidade de produtos agrícolas com menores impactos ambientais significativos (SANDHU *et al.*, 2010). O cultivo realizado sob o sistema orgânico constitui uma opção ao agricultor, tanto em agregar valor econômico, como conservar os recursos naturais. No entanto, dentre os entraves para a produção orgânica estão o manejo de doenças e de adubação (FINKH *et al.*, 2006), uma vez que não é permitido o uso de fertilizantes nem pesticidas sintéticos. Fioreze & Ceretta (2006) e Silva & Menezes (2007) demonstram que a utilização de insumos orgânicos, como esterco bovino,

adubação verde e cama de aves, são alternativas viáveis técnica e economicamente na adubação da cultura da batata.

Além disso, a torta de mamona também pode ser utilizada, pois, apresenta conteúdo de macronutrientes equivalentes a 7,54% de N, 3,11% de P, 0,66% de K, 0,75% de Ca e 0,51% de Mg (ALVES, 2007). De acordo com Severino *et al.* (2005), a liberação destes nutrientes é mais rápida em relação aos adubos orgânicos como esterco bovino e bagaço de cana, e mais lenta que os adubos minerais. A relação C/N da torta de mamona é de aproximadamente 11:1 (KIEHL, 1985), assim, a sua mineralização ocorre de forma mais intensa e eficaz, disponibilizando nutrientes de forma mais rápida às plantas.

Apesar de ser bastante difundida na agricultura como adubo orgânico, há pouca informação científica a respeito da utilização da torta de mamona. Embora haja vários estudos sobre o efeito da suplementação de água e aplicação de doses de N na cultura da batata (BÉLANGER *et al.*, 2001), não há relatos científicos sobre a interação da torta de mamona com a irrigação.

Mediante ao exposto, para a cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.), cultivar Opaline, objetivou-se determinar: o efeito da adubação de torta de mamona em cobertura na produção; as variáveis de produtividade sob diferentes lâminas de irrigação; a eficiência no uso da água; e os parâmetros de desenvolvimento vegetativo nas condições edafoclimáticas de Seropédica (RJ).

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

4.4.1. Caracterização, delineamento experimental e condução dos plantios

Os experimentos foram conduzidos em Seropédica-RJ (22°45'06" S e 43°40'25" O), na área experimental denominada SIPA (Sistema integrado e produção agroecológica – Fazendinha Agroecologica km 47). A altitude do local é de 33,0 m e o clima é classificado como Aw, com chuvas concentradas no período de novembro a março, com precipitação anual média de 1213 mm e temperatura média anual de 24,5°C (CRUZ, 2005).

O solo da área em estudo é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico A moderado, textura média/arenosa, fase floresta tropical subcaducifólia relevo suave ondulado, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006), cujas características químicas e físicas se encontram na Tabela 3.

Tabela 3. Algumas propriedades químicas e físicas do local do experimento.

Propriedades	Profundidade (cm)	
	0-15	15-30
pH	6,1	6,2
% C	0,85	0,52
P (mg L ⁻¹)	158,2	84,9
K (mg L ⁻¹)	90	80
Ca+Mg (C mol _c dm ⁻³)	3,6	3,2
Densidade (g cm ⁻³)	1,37	1,60

Realizaram-se dois experimentos consecutivos. O primeiro no período de 29 de junho (plantio) a 30 de setembro de 2009 (colheita) e utilizou-se a batata-semente pré-básica de diâmetro de 40 a 50 mm (Tipo II) e massa fresca equivalente a 80 g. O segundo cultivo ocorreu de 7 de maio (plantio) a 3 de agosto de 2010 (colheita), utilizando a mesma cultivar. No entanto, em virtude da disponibilidade de batata-semente pelo fornecedor, foi utilizada a batata-semente certificada (C1), de diâmetro de 30-40 mm (Tipo III), com massa fresca média de 45 g por tubérculo.

A cultivar Opaline, conforme a Associação Brasileira da Batata, é francesa, com formato oval alongado, destinada para todas as finalidades culinárias, com maturação média (60 a 90 dias), resistência média à requeima, teor de matéria seca estimado em 16,3%, produtividade entre 24,32 Mg ha⁻¹ (PÁDUA *et al.*, 2009) e 25,33 Mg ha⁻¹ (CARMO *et al.*, 2009).

Os tratamentos foram definidos em função do ano experimental: em 2009, objetivou-se avaliar o efeito de doses de torta de mamona (TM) em cobertura sob diferentes lâminas de irrigação; em 2010, objetivou-se complementar o primeiro experimento, quanto à influência das mesmas lâminas de irrigação sob a dose recomendada de TM do primeiro experimento.

O primeiro experimento foi conduzido em um delineamento de blocos casualizados, em parcela subdividida com cinco repetições (Figura 6). Os tratamentos utilizados foram quatro lâminas de irrigação, representadas por T1, T2, T3 e T4, cujas parcelas correspondentes foram irrigadas com gotejadores de vazão 2,3; 3,75; 6,05 L h⁻¹ e 7,8 L h⁻¹, respectivamente. A parcela denominada T0 caracterizou-se como a não irrigada. Além das diferentes lâminas, foram ainda utilizadas parcelas sem e com adubação de cobertura com torta de mamona (90 kg N ha⁻¹), denominadas de M.

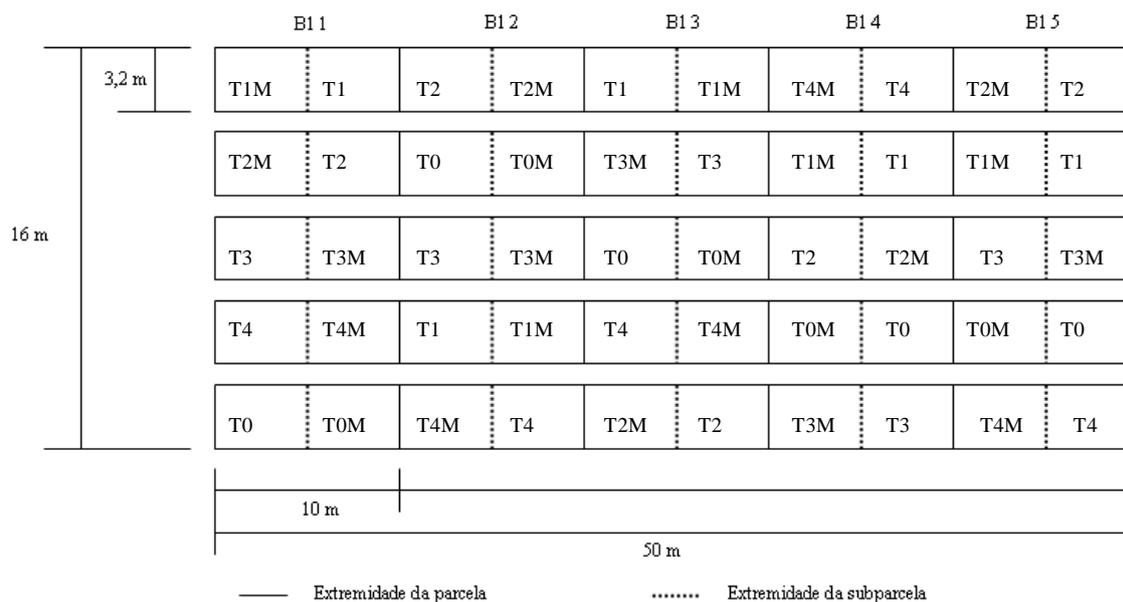


Figura 6. Croqui da área experimental, plantio em 2009. (M) Reposição por torta de mamona.

O segundo experimento foi conduzido em um delineamento casualizado com cinco repetições apresentando cinco lâminas de irrigação (os mesmos tratamentos de 2009) e a dose recomendada de 90 kg N ha⁻¹ de TM na cobertura (Figura 7).

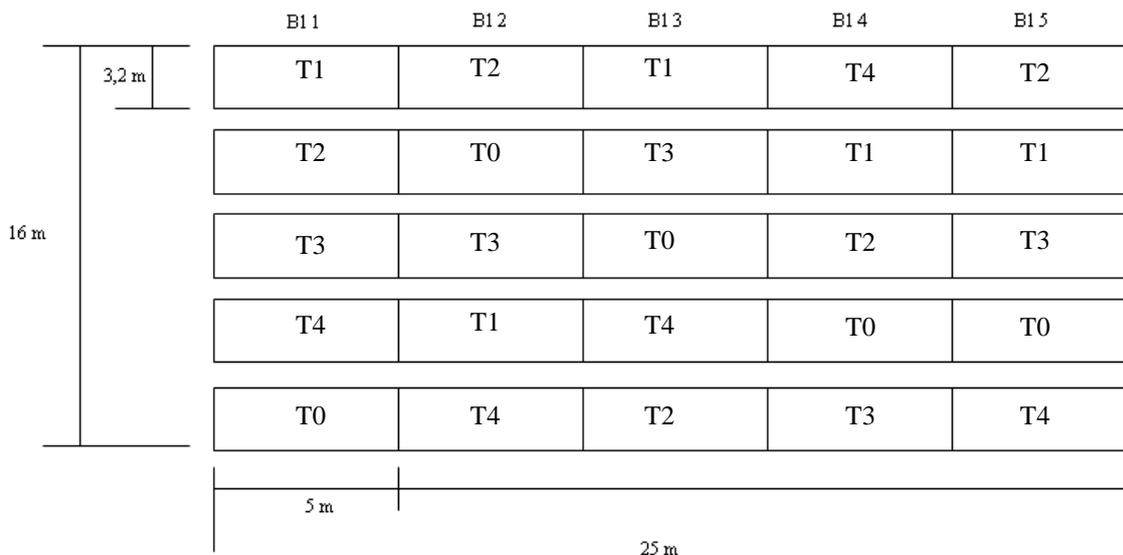


Figura 7. Croqui da área experimental, plantio em 2010.

Anteriormente aos plantios, o solo foi adubado com esterco bovino (aproximadamente 62 kg ha^{-1} de N) e sulfato de potássio ($100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$). A capina manual foi realizada conforme a necessidade, e a calda bordaleza a 5% foi aplicada uma vez por semana para o controle de doenças e pragas. A torta de mamona, proveniente da empresa A. Azevedo e Comércio de Óleos Ltda., com 5% de nitrogênio total, 35% C-orgânico e 10% de umidade, foi aplicada na fase de amontoa, sendo realizada após a detecção do início de tuberização, aos 30 dias após a emergência.

Para ambos os experimentos, a unidade experimental foi constituída por 4 linhas de plantio, espaçadas 0,8 m, sendo o espaçamento entre plantas de 0,4 m. A parcela do primeiro experimento apresentava uma área de 32 m^2 , na qual avaliava-se a irrigação, e a subparcela de 16 m^2 , as diferentes doses de TM.

Para o segundo experimento, cada parcela foi composta por uma área de 16 m^2 . Em ambos os experimentos, denominou-se útil, a porção correspondente a $3,2 \text{ m}^2$, ou as 10 plantas das fileiras centrais.

4.4.2. Instalação dos sistemas de irrigação

Irigava-se simultaneamente 2 fileiras de plantas em cada canteiro, por meio de gotejadores sobrelinha (modelos Katif e Supertiff – PLASTRO) autoreguláveis, espaçados 0,2 metros entre si, cujas vazões comerciais foram: $2,3 \text{ L h}^{-1}$ (T1), $3,75 \text{ L h}^{-1}$ (T2), $6,05 \text{ L h}^{-1}$ (T3) e $7,8 \text{ L h}^{-1}$ (T4).

A linha de derivação constituiu-se por um tubo de PVC de 50 mm, instalado transversalmente e no início da área, na qual foram instaladas as linhas laterais, constituídas por mangueiras de polietileno de 16 mm. Na linha principal (tubo de PVC) foi instalado um filtro de disco de 120 mesh e um regulador de pressão.

Imediatamente após o plantio, acionou-se um sistema de aspersão sendo aplicada uma lâmina de irrigação durante 15 minutos. O sistema foi previamente avaliado a fim de que a lâmina aplicada após o plantio fosse também utilizada no cálculo do consumo hídrico da batateira.

4.4.3. Manejo da irrigação

O manejo de irrigação foi realizado com base nos valores de umidade do solo a partir das leituras de TDR obtidas nas parcelas T3, onde foram instalados os gotejadores de 6,05 L h⁻¹. O monitoramento foi realizado a partir das sondas instaladas inicialmente na profundidade de 0,15 m, e após a verificação do desenvolvimento do sistema radicular na camada de 15-30 cm do solo, adotaram-se, adicionalmente, leituras de 15-30 cm. A quantidade de água aplicada foi determinada pelo conteúdo médio de água armazenada na camada de 0-30 cm.

Após calibração em campo, a umidade volumétrica foi obtida a partir da medida da constante dielétrica do solo, permitindo a determinação da lâmina necessária. Inicialmente, adotou-se a porcentagem de área molhada de 50%, devido à maior representação da área de atuação dos gotejadores nas fileiras de cultivo. Ao verificar visualmente as etapas de sombreamento da cultura da batata sob a área de cultivo, determinou-se a porcentagem de área sombreada (PAS) para o cálculo da lâmina real necessária localizada, que variou de 50 a 100%.

Para a lâmina bruta de irrigação (ITN) adotou-se uma eficiência de irrigação de 90% (KELLER E BLIESNER (1990)), e o tempo de irrigação (Ti) foi determinado pela equação 5. Desta maneira, com base do tempo fixo de irrigação para T3, as lâminas foram disponibilizadas de forma diferenciada em função das diferentes vazões dos gotejadores.

$$T_i = \frac{ITN}{ng \cdot I_p} \quad (5)$$

em que:

ng = número de gotejadores por planta (2);

I_p = intensidade de aplicação do emissor, mm h⁻¹.

A I_p foi definida dividindo a vazão média dos emissores pela área representada pela planta, em função do espaçamento adotado no plantio. A vazão média dos gotejadores foi obtida após realização de medidas diretas em campo, sendo coletado o volume de 8 emissores por parcela durante um determinado tempo estabelecido. Durante a realização do teste, a pressão foi monitorada e mantida constante em 150 kPa.

Para avaliação da precipitação efetiva (Pe), considerou-se a lâmina de água precipitada (mm) que proporcionou alteração nas leituras da constante dielétrica do solo nas leituras de TDR após a chuva, para cada parcela onde foram instaladas as sondas de TDR.

4.4.4. Determinação dos estádios fisiológicos e de parâmetros de desenvolvimento vegetativo

A determinação dos estádios fenológicos da cultura da batata foi realizada apenas para o ano de 2010. Desta forma, atribuíram-se as seguintes fases de desenvolvimento da cultura da batata: plantio à emergência (I); emergência ao início da tuberização (II); tuberização ao início da senescência (III); senescência à colheita (IV).

A emergência (EM) foi considerada quando 50% das plantas das parcelas se apresentavam acima do solo. E a partir desta fase, diariamente, 2 plantas (1 em cada fileira) de bordadura de cada parcela foram destacadas para a determinação do início da tuberização (IT), a qual foi determinada quando 50% destas plantas amostradas apresentavam tubérculos com diâmetro acima de 1 cm.

O estágio III compreendeu a fase em que a batateira apresentava contínuo desenvolvimento vegetativo concomitantemente à formação de estolões, desenvolvimento e enchimento de tubérculos. Após essa fase determinou-se o estágio IV, momento em que 50% das plantas de cada parcela estavam no estágio 91 da escala de BÄTZ *et al.* (1980), ou seja, apresentavam o início do amarelecimento das folhas (PAULA *et al.*, 2005). O ponto de colheita foi considerado quando 100% das plantas estavam no estágio 95 da escala de BÄTZ *et al.* (1980), ou, quando o caule e as folhas se apresentavam secas. As observações para estes dois períodos foi realizada a cada 2 dias.

Ainda, para o plantio de 2010, aos 60 dias após a emergência, de forma não destrutiva, determinaram-se algumas variáveis biométricas como comprimento (C), e diâmetro do caule (DM), número de folhas (NF) e de hastes laterais (NH). A área útil foi constituída pelas plantas das fileiras centrais, sendo seis destinadas às análises de crescimento ao longo do cultivo. Estes dados foram avaliados estatisticamente, utilizando-se regressão e correlação de Pearson.

4.4.5. Colheita, pesagem e classificação

A colheita foi realizada após a determinação do ponto de colheita, aos 92 e 89 dias após o plantio (DAP), para 2009 e 2010, respectivamente. Os tubérculos foram separados, descartados aqueles gravemente lesionados, contados, pesados e classificados em função do diâmetro transversal, como comerciais (Classe 1: >70 mm; Classe 2: 50 a 70 mm; Classe 2.1: 42 a 50 mm; Classe 3: 33 a 42 mm), e não comerciais (Classe 4: 28 a 33 mm; Classe 5: <28 mm), conforme CEAGESP (2001). Os resultados relativos à produção em função das lâminas de irrigação foram submetidos à análise de regressão e os dados médios de produtividade em função das doses de TM foram comparados pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

4.4.6. Eficiência no uso da água

A eficiência no uso da água (EUA) pela cultura da batata foi obtida pelo cálculo da massa fresca total de batata produzida por lâmina de água aplicada, conforme a equação 6.

$$EUA = \frac{P}{I + Pe} \quad (6)$$

em que:

P = produtividade da cultura, em kg ha⁻¹;

I = lâmina aplicada pela irrigação, em mm;

Pe = precipitação efetiva, em mm.

Os dados de eficiência do uso da água foram submetidos à análise de variância (Anova) e quando significativo pelo teste F, foram submetidos a uma análise de regressão, testando-se os modelos: linear, polinomial quadrático e exponencial.

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.5.1. Dados meteorológicos

A Tabela 4 apresenta os dados médios de temperatura máxima e mínima, bem como umidade, velocidade do vento e radiação no período de cultivo da batata. De acordo com HAVERKORT & VERHAGEN (2008), temperaturas de 27°C (dia) e 15°C (noite) são ótimas para a cultura da batata. Temperaturas acima de 30°C podem reduzir a produtividade (JOVANOVIĆ *et al.*, 2010). De acordo com os dados climatológicos observou-se que majoritariamente, as temperaturas médias permaneceram abaixo de 30°C e acima de 15°C, indicando condições climáticas favoráveis para o desenvolvimento da batateira.

Tabela 4. Dados médios da temperatura máxima (Tmax), mínima (Tmin) e média (Tmed), umidade relativa média (UR), velocidade do vento (Vv) e radiação solar incidente (Rs), em Seropédica, em períodos mensais do cultivo de batata nos anos de 2009 e 2010.

Ano	Mês	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Tmed (°C)	UR (%)	Vv (m s ⁻¹)	Rs (MJ m ⁻² dia ⁻¹)
2009	JUN	29,57	15,33	21,22	77,08	0,80	10,04
	JUL	31,18	11,75	20,59	79,71	0,98	12,57
	AGO	33,95	12,43	21,49	73,53	1,01	14,78
	SET	36,28	16,47	23,24	76,84	1,12	15,92
2010	MAI	33,65	14,78	21,38	79,79	0,93	13,93
	JUN	31,59	11,18	19,38	77,19	0,79	15,01
	JUL	32,13	12,85	21,19	75,55	1,23	16,09
	AGO	30,70	18,90	24,15	81,33	1,20	11,90

A Figura 8 apresenta a precipitação e a temperatura média do ar durante os períodos experimentais de 2009 e 2010.

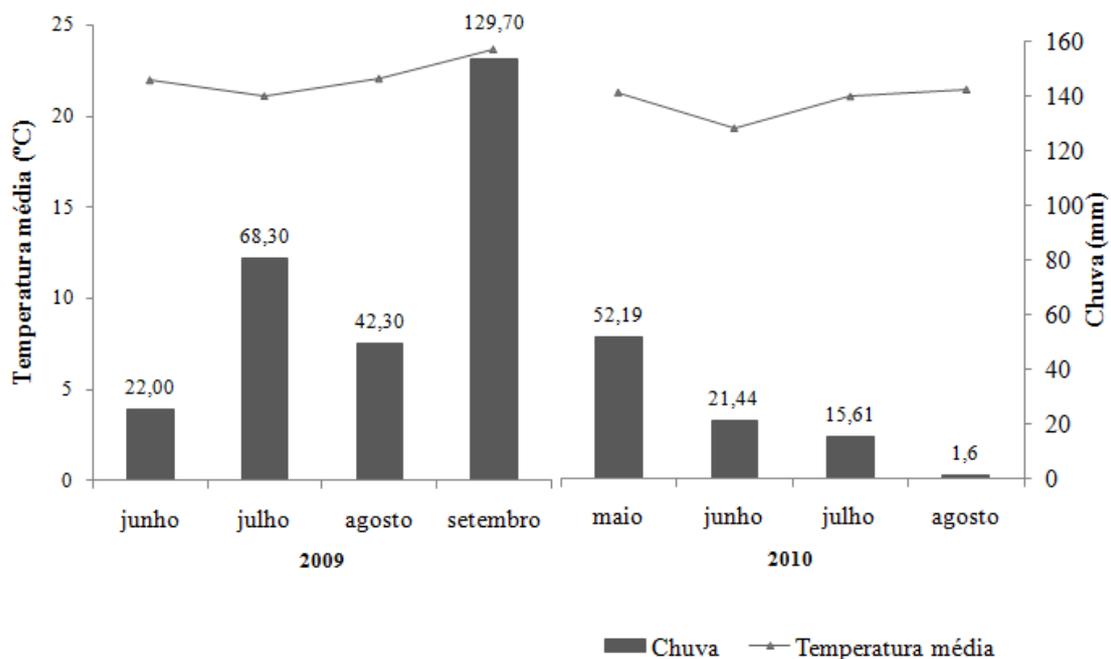


Figura 8. Temperatura média do ar e precipitação, durante os períodos experimentais de 29 de junho a 30 de setembro de 2009 e 07 de maio a 4 de agosto de 2010, para Seropédica, RJ.

Com base na série histórica de dados meteorológicos, referente ao período de 1961 a 2007, e utilizando a Distribuição Gama de probabilidade (CARVALHO *et al.*, 2000), constatou-se que a probabilidade teórica de ocorrer a precipitação observada no período do experimento de 2009 foi de 4,47, 57,30 e 5,5%, para o mês de julho, agosto e setembro, respectivamente, ocorrendo em média uma vez a cada 22,4; 0,64 e 18 anos. Assim, verificou-se que o total precipitado em grande parte do período analisado, ocorreu acima da média prevista.

4.5.2. Plantio em 2009

Durante o período de cultivo ocorreram 31 eventos de precipitação, totalizando 262 mm. O maior evento foi de 40,0 mm, ocorrido no dia 23 de setembro. Observou-se ainda, que o maior valor de evapotranspiração de referência (4,40 mm), estimado por Penman-Monteith FAO-56, ocorreu no dia 27/09, enquanto o menor valor estimado foi de 0,90 mm em 31/07. Durante todo o período de cultivo, e ETo média foi de 2,35 mm dia⁻¹.

De acordo com o monitoramento da umidade do solo pela TDR, verificou-se que o conteúdo de água manteve-se praticamente constante e próximo à capacidade de campo ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura da batata, havendo necessidade de irrigação em apenas 2 momentos. A primeira irrigação foi realizada no dia 15 de agosto (47 DAP), considerando a camada de solo de 0-15 cm. Neste dia, as lâminas aplicadas foram de 0, 5,4, 8,81, 12,74 e 14,59 mm, respectivamente para T0, T1, T2, T3 e T4. A segunda irrigação foi realizada no dia 1^o de setembro (64 DAP). Nesta

irrigação, considerou-se a camada de solo de 0-30 cm e as lâminas foram de 0; 4,59; 7,49; 10,84 e 12,42 mm, respectivamente, para T0, T1, T2, T3 e T4.

Contabilizou-se a precipitação efetiva (P_{ef}) durante o período, sendo esta de 24; 20; 18; 16 e 12 mm, respectivamente para T0, T1, T2, T3 e T4. As lâminas de P_{ef} foram somadas às lâminas aplicadas em cada tratamento, obtendo-se os totais acumuladas de 24; 29,9; 34,3; 39,5 e 39,4 mm, respectivamente para T0, T1, T2, T3 e T4.

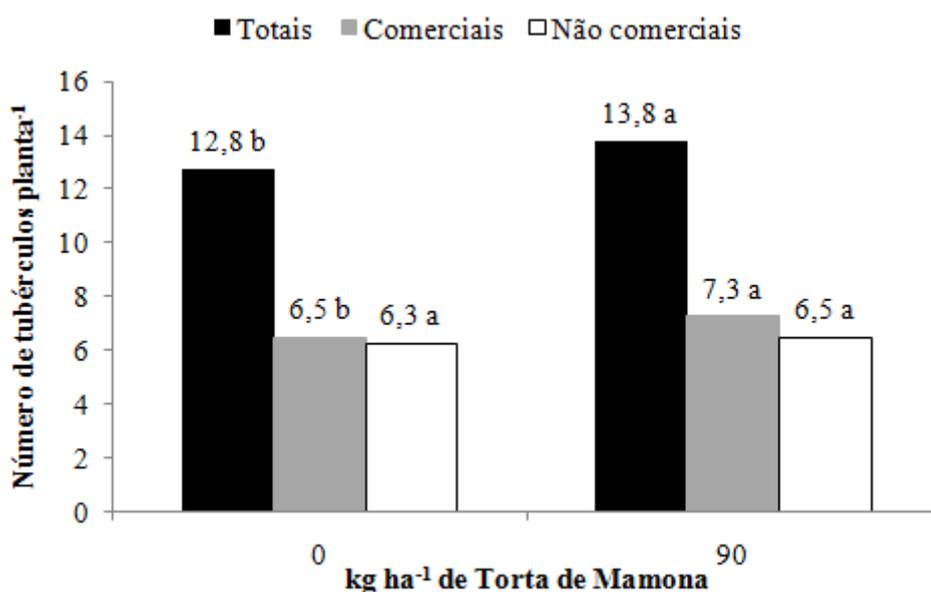
Mediante a condição climática durante o período de cultivo da batata, em Seropédica (RJ) no período de junho a setembro de 2009, observa-se que a baixa aplicação de água por irrigação devido à ocorrência de chuvas acima da média prevista, induziu à uniformização do conteúdo de água no campo a ponto de não refletir em mudanças significativas nos parâmetros de produtividade de tubérculos de batata, mesmo sob a ausência ou presença de adubação em cobertura. A massa fresca total, comercial e não comercial de tubérculos, bem como o número total, comercial e não comercial de tubérculos, e produtividade por planta não apresentaram diferenças significativas de produtividade em função de lâminas de irrigação, conforme a Tabela 5.

Tabela 5. Influência de lâminas de irrigação e doses de torta de mamona (TM) sobre as variáveis: número de tubérculos totais, comerciais e não comerciais, massa fresca de tubérculos totais, comerciais e não comerciais, em g planta⁻¹, e produtividade total absoluta, em kg ha⁻¹.

TM	Irrigação	Número			Massa Fresca (g planta ⁻¹)			Produtividade Absoluta (ton ha ⁻¹)
		Totais	Comerciais	Não comerciais	Total	Comercial	Não comercial	
Ausência	T0	11,5 a	5,9 a	5,7 a	378,1 a	315,0 a	63,1 a	11,8 a
	T1	12,3 a	6,8 a	5,5 a	458,9 a	400,0 a	58,9 a	14,3 a
	T2	14,4 a	7,1 a	7,3 a	477,5 a	402,2 a	75,3 a	15,0 a
	T3	13,2 a	6,7 a	6,5 a	477,4 a	404,8 a	72,6 a	15,0 a
	T4	12,5 a	6,0 a	6,5 a	427,7 a	354,0 a	73,7 a	13,4 a
Média		12,8 A	6,5 A	6,3 A	443,9 A	375,2 A	68,7 A	13,9 A
TM	Irrigação	Número			Massa Fresca (g planta ⁻¹)			Produtividade Absoluta (ton ha ⁻¹)
		Totais	Comerciais	Não comerciais	Total	Comercial	Não comercial	
Presença	T0	11,5 a	6,6 a	5,0 a	457,4 a	396,8 a	60,6 a	14,3 a
	T1	14,1 a	6,5 a	7,6 a	505,4 a	415,7 a	89,8 a	15,8 a
	T2	15,6 a	7,8 a	7,8 a	566,8 a	484,1 a	82,6 a	17,7 a
	T3	15,6 a	8,3 a	7,3 a	586,2 a	502,4 a	83,8 a	18,3 a
	T4	12,2 a	7,4 a	4,9 a	494,5 a	439,2 a	55,4 a	15,5 a
Média		13,8 A	7,3 A	6,5 A	522,0 A	447,6 A	74,4 A	16,3 A

Letras iguais não diferem significativamente em nível de 5% de probabilidade.

Com relação aos parâmetros de produtividade da batata observa-se que em nível de probabilidade a 5%, não houve efeito de dose de adubação para a variável número de tubérculos não comerciais, enquanto para o número de tubérculos totais e comerciais houve diferenças significativas (Figura 9). O número de tubérculos totais para o tratamento sem adubação em cobertura foi de 13 para cada planta, sendo que 7 para os comerciais e 6 para não comerciais. Para o tratamento com adubação em cobertura, ocorreram 14 tubérculos planta⁻¹, sendo 7 comerciais e 6 não comerciais. Tubérculos da classe I (diâmetro transversal > 70 mm) não foram encontrados nos tratamentos adotados. As classes II, II.1 e III, com diâmetro transversal de 50 a 33 mm, ou seja, o número de tubérculos comerciais por planta, foi influenciado significativamente quando se aplicou torta de mamona em cobertura (Figura 9).



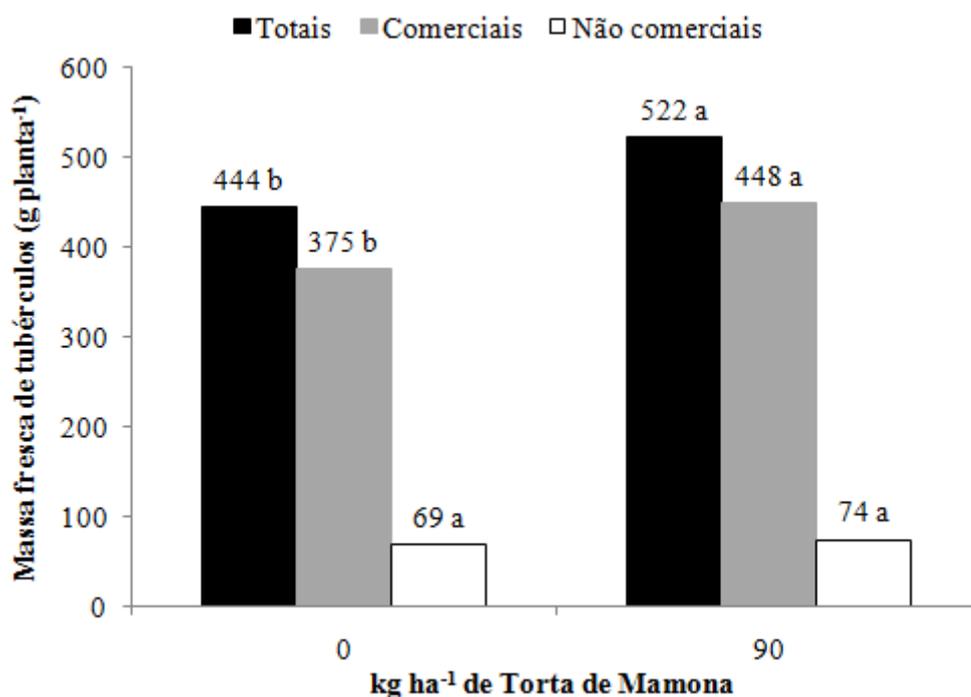
Os valores seguidos pela mesma letra minúscula não diferem, significativamente em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Figura 9. Média do número de tubérculos totais, comerciais e não comerciais, em função da ausência e presença de adubação com torta de mamona em cobertura.

Para a massa fresca de tubérculos totais e comerciais houve diferenças significativas em nível de probabilidade de 5% (Figura 10) em função das doses de adubação com torta de mamona. A massa fresca de tubérculos totais para o tratamento sem adubação em cobertura foi de 444 g planta⁻¹, sendo que 375 g para os comerciais e 69 g para não comerciais. Para o tratamento com adubação em cobertura, a massa fresca foi de 522 g planta⁻¹, sendo 448 g para os tubérculos comerciais e 74 g para os não comerciais.

A produtividade de tubérculos também diferiu significativamente entre os tratamentos com adubação e sem adubação com torta de mamona em cobertura. A produtividade para os tubérculos comerciais foi de 11,72 ton ha⁻¹ para o tratamento sem adubação e 13,99 ton ha⁻¹ com a adubação em cobertura, diferindo significativamente

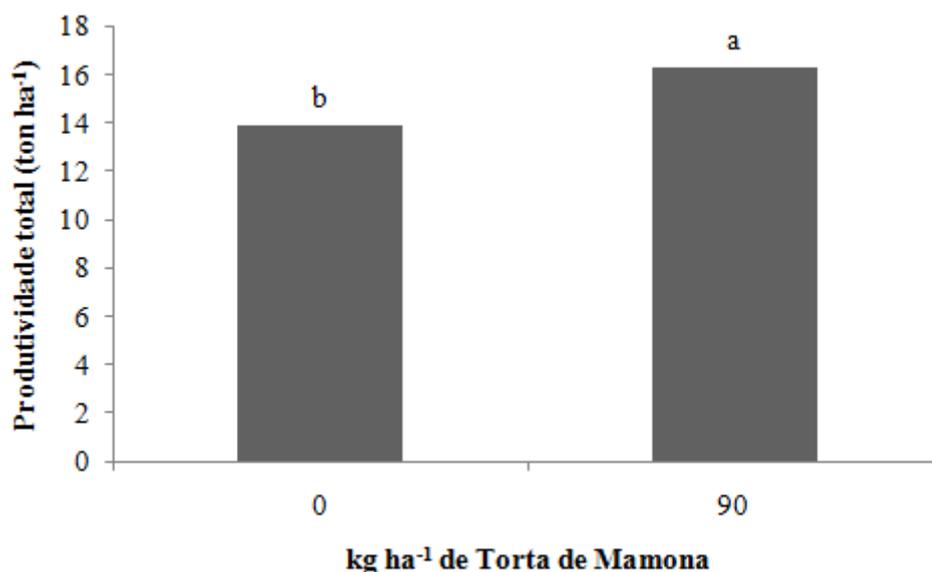
em nível de 5% de probabilidade. Para os tubérculos não comerciais a produtividade foi de 2,15 ton ha⁻¹ para o tratamento sem adubação e 2,33 ton ha⁻¹ para com adubação, não diferindo significativamente em nível de 5% de probabilidade.



Os valores seguidos pela mesma letra minúscula não diferem, significativamente em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Figura 10. Média da massa fresca (g) de tubérculos totais, comerciais e não comerciais, em função da ausência e presença de adubação com torta de mamona em cobertura.

A Figura 11 mostra a diferença entre a produtividade total de tubérculos para os tratamentos com ausência ou presença de adubação em cobertura com torta de mamona. Essa diferença foi estatisticamente significativa em nível de 5%, sendo os valores iguais a 13,87 ton ha⁻¹ e 16,31 ton ha⁻¹, respectivamente.



Os valores seguidos pela mesma letra minúscula não diferem, significativamente em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Figura 11. Produtividade absoluta total de tubérculos em função da ausência e presença de adubação com torta de mamona em cobertura.

De acordo com os resultados apresentados, a adubação apenas com o esterco bovino no plantio proporcionou menor rentabilidade, uma vez que a soma do nitrogênio total aplicado foi 62 kg ha⁻¹. Conforme Silva & Menezes (2007), a adubação orgânica composta por esterco animal é de baixa qualidade e de decomposição lenta. Por outro lado, a torta de mamona apresenta maior quantidade de macronutrientes e taxa de mineralização mais elevada (KIEHL, 1985), o que pode explicar o incremento significativo da produtividade da batata quando adubada em cobertura com este composto, ressaltando-se que, as parcelas adubadas receberam o equivalente a 152 kg N ha⁻¹.

É importante frisar ainda que não houve incidência de doenças como a requeima da batateira (*Phytophthora infestans*), embora a variedade Opaline possua média resistência ao patógeno. A doença bacteriana “canela-preta” causada por *Erwinia* sp. foi detectada em algumas plantas, mas a incidência foi baixa, assim como a sarna comum, causada pela bactéria *Streptomyces scabies*.

4.5.3. Plantio de 2010

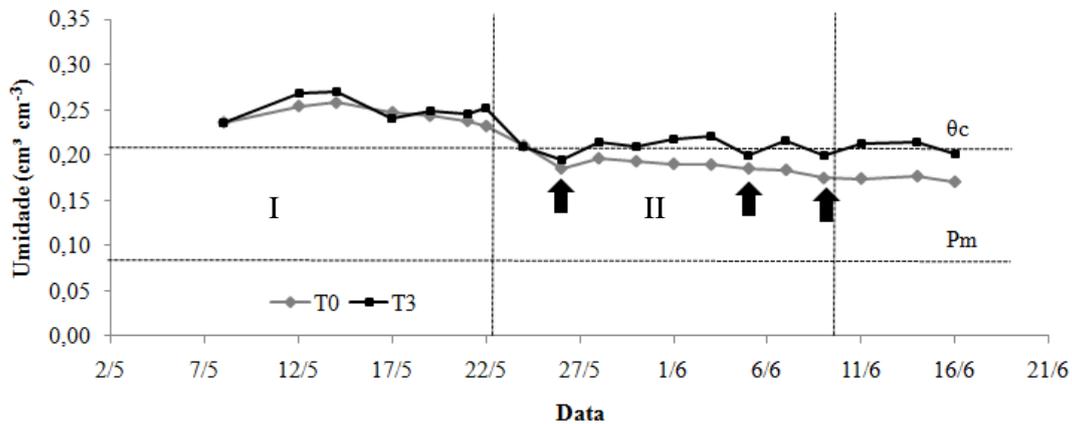
Para o ano de 2010, o total precipitado foi de 91 mm, sendo 57% deste verificado até 32 DAP. A ETo apresentou a média de 1,98 mm dia⁻¹.

O conteúdo de água foi monitorado pela TDR na profundidade de 0-15 cm até 40 DAP, momento em que o sistema radicular da batateira atingiu as camadas mais

inferiores do solo. A partir desta data, o cálculo da lâmina de irrigação foi realizado considerando a camada de 0-30 cm.

Determinou-se a precipitação efetiva, em função da variação de umidade do solo posterior à chuva, de 22,8; 21,0; 20,2; 19,35 e 18,5 mm, respectivamente, para T0, T1, T2, T3 e T4.

As fases de desenvolvimento da batata se apresentaram como 0 a 16 DAP (I), 17 a 32 DAP (II), 33 a 76 DAP (III) e 77 a 88 DAP (IV). Mediante a determinação dessas fases, foi verificado que no período de plantio até a emergência (I), para o tratamento sem irrigação (T0), o solo manteve-se próximo à capacidade de campo, cujo valor médio de umidade volumétrica foi $0,239 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$. No período de emergência ao início de tuberação (II), as parcelas T0 apresentaram valor médio de umidade de $0,192 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$, conforme a Figura 12.



Linhas pontilhadas representam o limite da capacidade de campo (θ_{cc}) e ponto de murcha (Pm). Setas indicam o momento em que as irrigações foram realizadas.

Figura 12. Variação do conteúdo de água do solo no período de 07 de maio a 16 de junho de 2010, considerando o perfil de 0-15 cm, para os tratamentos de T0 e T3.

Considerando a camada de 0-30 cm para T0, o armazenamento de água no solo seguiu comportamento decrescente atingindo valores de umidade de até 50% ($0,129 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) da capacidade de campo (Figura 13), no período em que as plantas destas parcelas se apresentaram na fase IV.

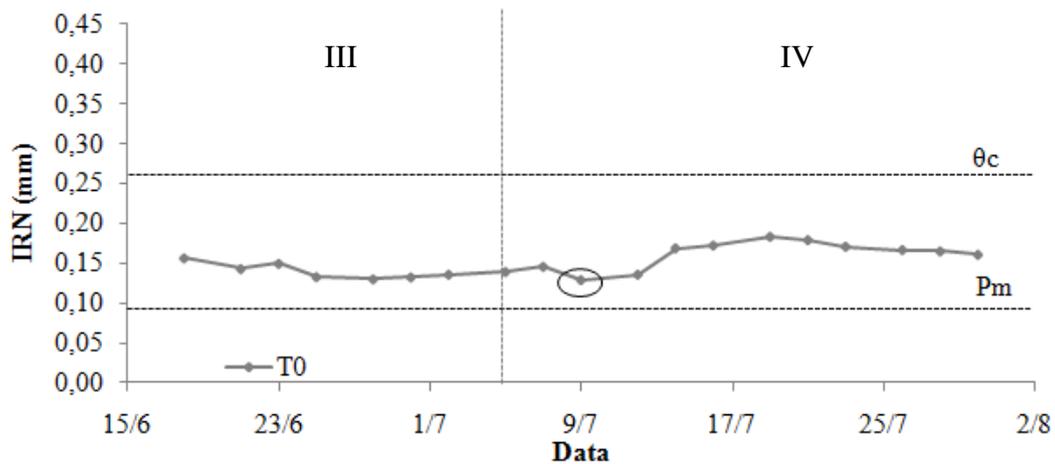


Figura 13. Variação do teor de umidade do solo no período de 18 de junho a 30 de julho de 2010, considerando o perfil de 0-30 cm, para o tratamento T0.

A Figura 14 apresenta a variação do conteúdo de umidade ao longo do cultivo da batata, considerando a camada de 0-30. Neste período, foram realizadas 12 irrigações, cujos valores de lâmina foram de 12,81; 15,84; 14,40; 6,66; 1,20; 6,96; 5,79; 2,43; 9,99; 0,72; 1,44 e 4,45mm.

Conforme o manejo de irrigação adotado, os tratamentos T0, T1, T2, T3 e T4 corresponderam, respectivamente, às lâminas de 22,8; 59,30; 82,61; 109,60 e 121,88 mm, aplicados em 15 momentos, os quais representaram a evapotranspiração da cultura. Desta maneira e em função da precipitação efetiva, os tratamentos atingiram os valores de 21, 54, 75 e 111% da ETC, respectivamente, para T0, T1, T2 e T4. Para o tratamento T3, utilizado para controle, a lâmina aplicada correspondeu a 100% da ETC.

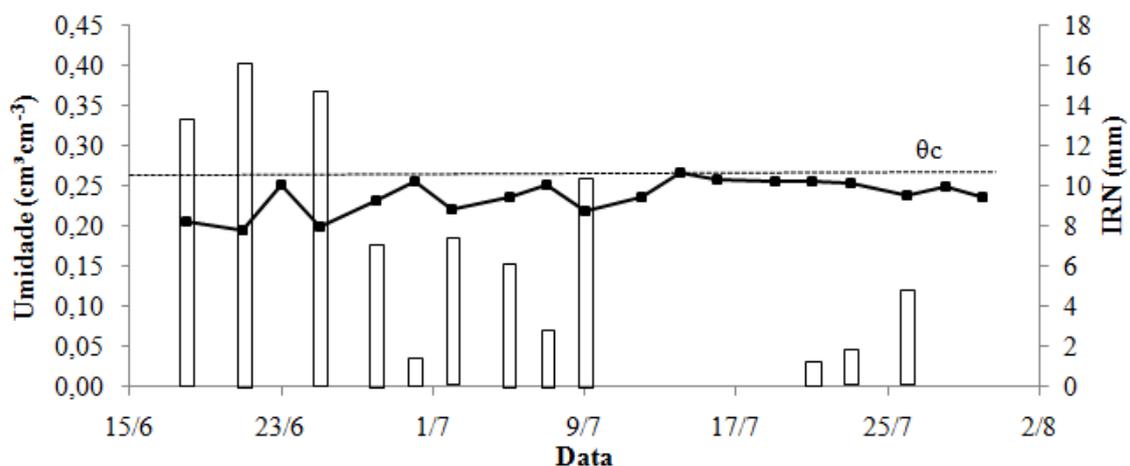


Figura 14. Variação do conteúdo de umidade do solo no período de 18 de junho a 30 de julho de 2010, considerando o perfil de 0-30 cm, para o tratamento de T3 e lâminas de irrigação aplicadas.

4.5.3.1. Determinação das fases fenológicas em função das lâminas de irrigação

A Tabela 6 apresenta as datas que definiram as fases fenológicas da batateira, para o tratamento T3. Verifica-se que a duração das fases I, II, III e IV foi de 17, 16, 44 e 12 dias, respectivamente. O ciclo total para o tratamento em que a água era reposta a 100% da máxima evapotranspiração da cultura foi de 88 dias.

Tabela 6. Data da determinação dos estádios fenológicos da batateira.

Estádio	Dias após o plantio	Data
Emergência	17	24/05
Início da Tuberização	33	9/06
Início de Senescência	77	23/07
Colheita	88	3/08

Na Figura 15 são observados os estádios de desenvolvimento da batateira, expostos pela Tabela 6.

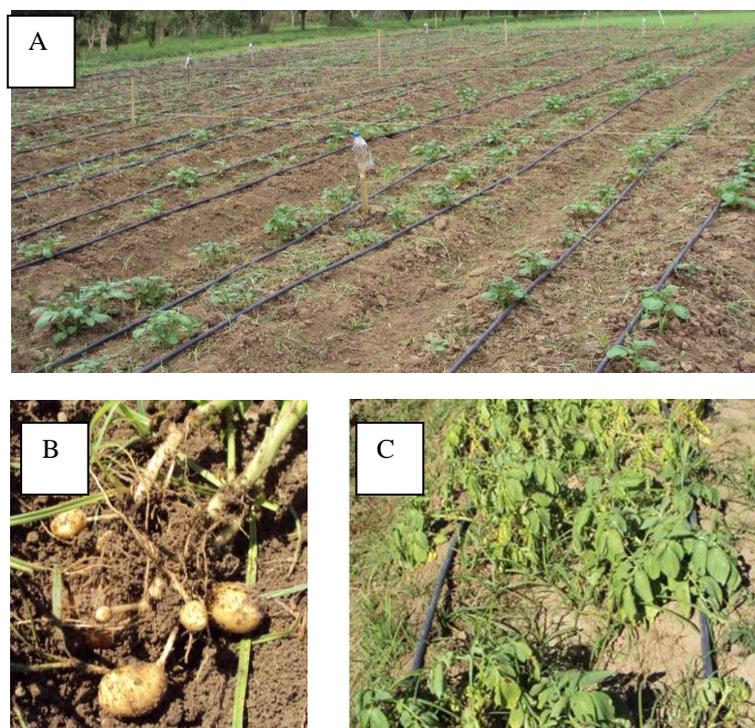


Figura 15. Estádio de plantio a emergência - Foto tirada em 28 de maio de 2010, em 4 dias após a emergência ou 21 dias após o plantio (A); Estádio de tuberização da batateira (*Solanum tuberosum* L.) (B); Determinação do estágio de início de senescência para o tratamento sem irrigação (C).

De acordo com a Figura 16, verificou-se que ocorreu antecipação do ponto de colheita para T0 e T1, em 18 e 11 dias respectivamente, e isto pode ser explicado pelo teor de umidade no solo que se encontrou reduzido nestes tratamentos. Tal como Ojala *et al.* (1990), Jefferies (1993), Tekalign & Hammes (2005), o estresse hídrico altera o particionamento da matéria seca, e quando ocorre após o desenvolvimento dos tubérculos promove o avanço da maturidade.

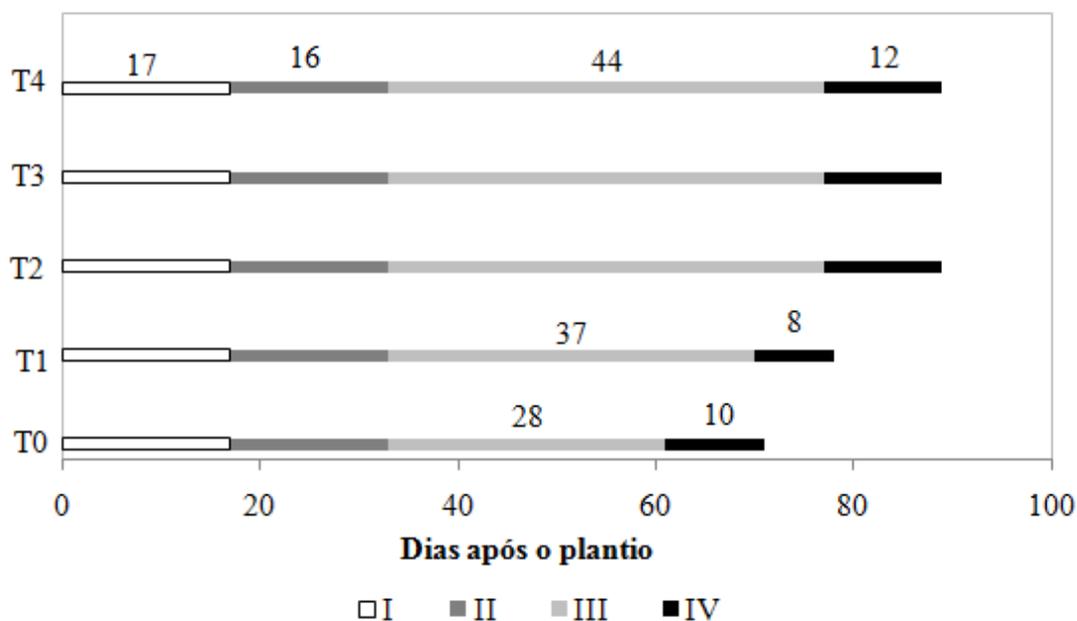


Figura 16. Duração do período de plantio a emergência (I), emergência ao início de tuberização (II), início de tuberização ao início de senescência (III) e início de senescência ao ponto de colheita (IV).

Ainda, de acordo com a Figura 16, a duração da fase de tuberização, estágio considerado mais sensível ao déficit hídrico (BEZERRA *et al.*, 1998), foi reduzida em 16 dias para o tratamento sem irrigação.

Embora o ponto de colheita para T0 e T1 ter sido detectado antecipadamente, esperou-se realizar a colheita quando as plantas dos tratamentos T2, T3 e T4, apresentassem folhas e caules secos, ou seja, em 89 DAP.

4.5.3.2. Produtividade da batata

As variáveis número de tubérculos totais, comerciais e não comerciais, massa fresca de tubérculos totais, comerciais e não comerciais, bem como a massa seca de tubérculos totais, não ajustaram em nenhuma equação de regressão ou não apresentaram diferenças significativas, em nível de 5% de probabilidade. A Tabela 7 apresenta os valores médios de cada parâmetro avaliado.

Tabela 7. Valores médios do número (Nº) e massa fresca (MF) de tubérculos totais, comerciais e não comerciais para os tratamentos T0, T1, T2, T3 e T4.

Tratamento	Totais		Comerciais		Não comerciais	
	Nº	MF	Nº	MF	Nº	MF
T0	9,3 a	273,9 a	3,5 a	195,0 a	5,9 a	78,9 a
T1	8,4 a	325,7 a	4,1 a	264,7 a	4,2 a	60,9 a
T2	8,3 a	304,2 a	3,6 a	242,8 a	4,7 a	61,3 a
T3	8,4 a	319,9 a	3,7 a	254,4 a	4,7 a	65,5 a
T4	8,4 a	397,7 a	4,7 a	351,4 a	3,7 a	46,3 a
CV%	23,45	32,29	28,41	36,21	29,49	34,51

A produtividade total e a massa seca total de tubérculos encontram-se na Figura 17, as quais não demonstraram diferenças significativas em nível de 5% de probabilidade. Os valores e os respectivos desvios padrão também estão apresentados na Figura 17.

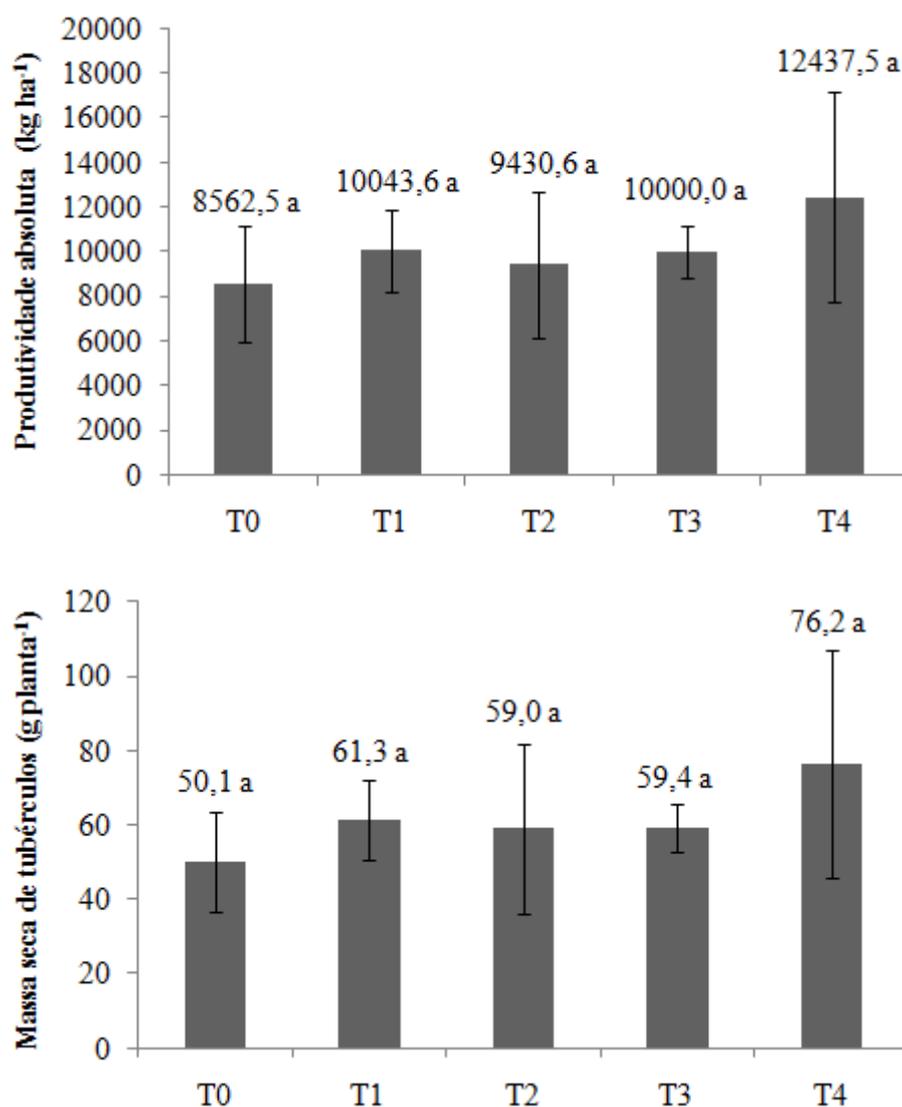


Figura 16. Produtividade e massa seca de tubérculos totais em função das lâminas de irrigação.

Além disso, os teores de massa seca não diferiram significativamente, os quais foram de 13,9, 14,21, 14,81, 14,03 e 14,71%, para T0, T1, T2, T3 e T4, respectivamente. Esses valores foram inferiores em relação ao trabalho de Pádua *et al.* (2009), cujo valor de massa seca para Opaline foi de 16,3%, sob um sistema convencional de cultivo.

A produtividade total dos tubérculos variou de 8,6 a 12,4 Mg ha⁻¹, enquanto que o rendimento das classes consideradas comerciais (II, II.1 e III) o rendimento foi 6,09; 8,27; 7,59; 7,95 e 10,98 Mg ha⁻¹, respectivamente para T0, T1, T2, T3 e T4.

A produtividade obtida no ano de 2010 foi inferior aquela observada em 2009, uma que se utilizou uma batata-semente com menor massa unitária, conforme os trabalhos de RYKBOST & LOCKE (1999), GARCÍA *et al.* (2003), ARSENAULT & CHRISTIE (2004), ADHIKARI (2005), RODRIGUES *et al.* (2009). No entanto, mais

estudos devem ser realizados, uma vez que, segundo Pógi & Brinholi (1995), houve indicação de que o peso da batata-semente não influencia significativamente o rendimento da cultivar Itararé (IAC5986). Além da diferença na semente, as condições climáticas observadas em 2009, como a alta frequência de chuvas, possivelmente influenciou a produtividade da batata. Conforme Fontes *et al.* (2007), a irrigação por aspersão, equivalente à precipitação, propicia incremento significativo na produção comercial de tubérculos, ao contrário do gotejamento. Nunes *et al.* (2006) comentam que a absorção de nutrientes, como nitrogênio e potássio, é maior no sistema de aspersão do que na irrigação localizada, para um sistema convencional de preparo do solo (1 aração com disco, 2 gradagens niveladoras e 2 enxadas rotativas).

Sobre a análise de produtividade entre sistemas orgânicos e convencionais há poucos estudos desenvolvidos. Contudo, MAGGIO *et al.* (2008), na Itália, verificaram que a produção de batata sob sistema orgânico reduziu até 25% da massa fresca por planta, mesmo sob regime hídrico ótimo, encontrando-se valores de produtividade até 15,7 Mg ha⁻¹, como consequência de problemas fitossanitários.

No ano de 2009, com a utilização de batata-semente pré básica - tipo II, obteve-se produtividade até 18,3 ton ha⁻¹, e levando-se em conta que o sistema convencional adota maior quantidade de insumos industriais, sendo a média nacional de 25 ton ha⁻¹, demonstra-se que o cultivo orgânico de batata pode ser uma atividade lucrativa. Por sua vez, deve-se avaliar tanto o tamanho do propágulo, bem como o material genotípico. Como exemplo, SANTOS *et al.* (2003) demonstraram que na mesma região de cultivo e sob manejo orgânico similar, foram obtidas produtividades totais de tubérculos de 13,08 Mg ha⁻¹, para cultivar Monalisa, e de 17,02 Mg ha⁻¹ para Asterix, demonstrando que o desempenho agrônômico pode variar significativamente entre cultivares.

A porcentagem de tubérculos considerados gravemente lesionados, os quais foram descartados previamente, não variaram significativamente entre os tratamentos. Esses valores que variaram de 3 a 7% de tubérculos danificados por planta. Este fato demonstra que a qualidade da batata em função de danos graves como a podridão, não foi influenciada pela quantidade de água disponibilizada.

No Oriente Médio, Nimah *et al.* (2000) afirmaram que a produtividade da batata é reduzida quando a irrigação é suprida a 53% da ETc. No Japão, Yuan *et al.* (2003) detectaram incremento significativo em produtividade e número de tubérculos quando a batata foi irrigada a 75, 100 e 125% da ET0 (método do tanque Classe A). Para os tratamentos irrigados em nível de 25 e 50% da ET0, os autores obtiveram os menores valores de produtividade e número de tubérculos comerciais, cujos valores foram 562,9 e 703,7 gramas por de tubérculos totais por planta, respectivamente.

Para a batata cultivada no período de inverno/primavera em clima mediterrânico, Onder *et al.* (2005) verificaram que os níveis de 66 a 100% da ETc não influenciaram significativamente os parâmetros de produtividade, assim como Foti *et al.* (1995), que sob os mesmos níveis de irrigação, não obtiveram diferença significativa no primeiro ano de produção. No segundo ano de produção, Foti *et al.* (1995) obtiveram maior rendimento comercial quando a batata foi irrigada a 133% da ETc, no período em que a precipitação foi de até 85 mm distribuída em 120 dias. Ainda, King *et al.* (2010) verificaram que a produtividade aumentou linearmente quando a batata foi irrigada com lâminas correspondentes de 50 a 85% da ETc, e que acima desta valor, até o limite de 130% da ETc, não foram observados incrementos significativos na produção de tubérculos.

Em termos de armazenamento de água no solo não foi verificado decréscimo de umidade significativo para que a planta sofresse os efeitos do déficit hídrico (KIZILOGLU *et al.*, 2006; FERREIRA & GONÇALVES, 2007; PATEL & RAJPUT, 2007). E, tendo em vista à demanda hídrica da batateira, Ferreira & Gonçalves (2007) reportaram que a produtividade aumentou linearmente quando a água era repostada pela irrigação e chuva. E, que quando ocorria uma depleção de 50% da máxima capacidade de retenção de água do solo o rendimento decrescia drasticamente, assim como verificado por Bradley & Pratt (1954), Foti *et al.* (1995) e King & Stark (1997).

De acordo com o monitoramento pela TDR, pode-se verificar que nos períodos iniciais do cultivo da batata, os tratamentos, inclusive o sem irrigação, mantiveram condições ótimas de umidade do solo para o desenvolvimento da batateira. Sabendo que nas parcelas T0, o valor crítico de depleção atingiu que variou de 50 a 54%, nos períodos finais do estágio de tuberização, torna-se plausível afirmar que este tratamento não sofreu déficit hídrico considerado, o que não refletiu no rendimento final.

Conforme as condições experimentais, a produtividade e os demais parâmetros avaliados não apresentaram variação significativa em virtude dos valores de ETc estarem próximos, assim como no plantio de 2009. Possivelmente, com a utilização de tratamentos de irrigação mais distintos entre si associados ao uso de variedades de ciclo mais longo, possivelmente seriam encontradas diferenças mais expressivas e até significativas entre si.

A batateira é afetada pelo fotoperíodo, que por sua vez influencia as variações de soma térmica (PAULA *et al.*, 2005). Como demonstrado por Paula *et al.* (2005), o início de tuberização é acelerado por dias curtos, e há uma relação negativa entre a duração da fase de emergência ao início da tuberização com o rendimento. Além disso, Paula *et al.* (2005) verificou correlação positiva entre a duração da fase de início de tuberização ao ponto de colheita com a produtividade, que por sua vez, há uma relação direta com o fotoperíodo. Com base nestas informações, verifica-se que o plantio de 2009 foi favorecido pelos dias curtos, onde o fotoperíodo nas fases de plantio a emergência, até o início de tuberização variou de 10,51 a 10,60, enquanto para o ano de 2010 foi de 10,69 a 10,55, ou seja, o início de tuberização foi iniciado mais cedo com a data de plantio em 2009. E ainda, a fase de tuberização ao ponto de colheita ocorreu sob fotoperíodo crescente, variando de 10,60 a 12,21, o que acarretou em maior desenvolvimento da parte aérea e maior translocação de fotoassimilados para os tubérculos. Enquanto o ano de 2010, embora tenha sido verificados valores de fotoperíodo crescentes, este variou apenas de 10,54 a 10,91, desta maneira, houve menor desenvolvimento vegetativo, antecipação do início de senescência e aceleração da maturidade dos tubérculos, refletindo na baixa produtividade para este ano.

Um aspecto importante a ser destacado é que, possivelmente, não é sugerido um investimento em irrigação para a cultura da batata cv. Opaline, nas condições edafoclimáticas de Seropédica, principalmente quando as chuvas com lâminas superiores às observadas em 2010 forem bem distribuídas ao longo do cultivo da batata. Nessas condições, a adoção da técnica de irrigação possivelmente não é um fator limitante para garantia de produtividade de batata sob cultivo orgânico. Torna-se necessário, no entanto, que análises de custo/benefício sejam realizadas, bem como, sejam avaliados os aspectos ambientais, como o manejo racional da água, a fim de viabilizar o cultivo irrigado e orgânico de batata.

A antecipação da colheita não acarretaria em decréscimo significativo de produtividade, uma vez que o ponto de colheita em T0 e T1 foi atingido previamente em relação aos demais tratamentos. Esta relação de produtividade e duração do ciclo demonstrou ser oposta aos trabalhos de Tekalign & Hammes (2005), Silva *et al.* (2007), Rodrigues *et al.* (2009), Silva *et al.*, (2009), os quais citam que o encurtamento do estágio de tuberização antecipa a maturação dos tubérculos e reduz a produtividade.

4.5.3.3. Eficiência no uso da água

A análise de regressão dos dados transformados da eficiência no uso da água com relação às lâminas de água resultou em um modelo quadrático com coeficientes altamente significantes ($P < 0,0001$) (Figura 18). Na equação contata-se decréscimo acentuado da EUA com o aumento dos níveis de irrigação. No entanto, observa-se um pequeno acréscimo da EUA para o último nível de água aplicado, o que se atribui ao aumento da produtividade, em T4. Enquanto a maior eficiência no uso de água é encontrada para T0.

A máxima eficiência é obtida com a lâmina de 103,66 mm, sendo a produtividade de 9197,6 kg ha⁻¹, ou seja, cada 1 mm de água aplicado pode-se produzir até 297,61 g planta⁻¹. E esta máxima eficiência é obtida com a ETc de 94,6%, cujo valor de EUA é 89,72, similar aos obtidos por Fabeiro *et al.* (2001), pelo qual obteve uma produtividade de até 50,68 Mg ha⁻¹ com a aplicação de 568,86 mm. Além disso, a máxima EUA foi 23% menor em relação ao obtido por Yuan *et al.* (2003).

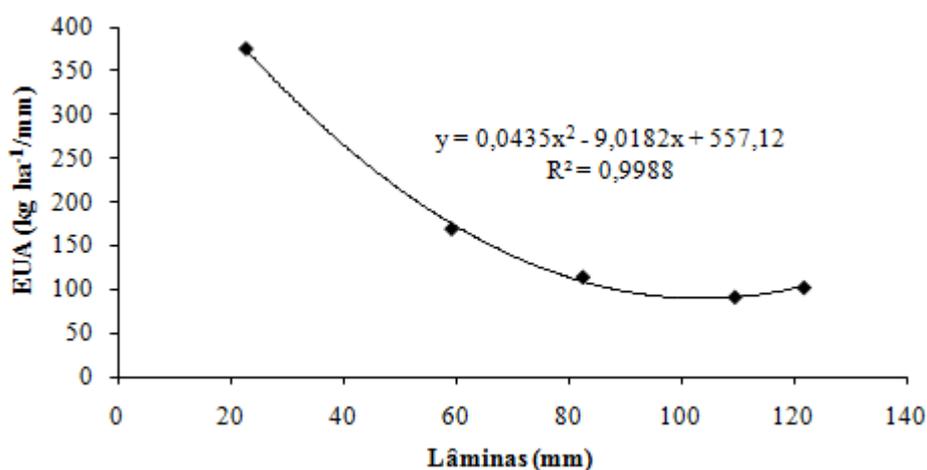


Figura 17. Eficiência no uso da água para cultura da batata sob diferentes lâminas de irrigação, em cultivo orgânico para o município de Seropédica (RJ).

4.5.3.4. Parâmetros de desenvolvimento vegetativo

Os coeficientes de correlação (r) de Pearson foram positivos e significativos (5% de probabilidade) entre todas as variáveis (número de folhas, número de hastes laterais, comprimento e diâmetro da haste principal). Desta maneira, observa-se uma relação diretamente proporcional entre o comprimento, número de hastes laterais, diâmetro e número de folhas, ou seja, estes parâmetros são correlacionados positivamente entre si para expressar o desenvolvimento da batateira.

Os dados de correlação entre estes parâmetros e as variáveis de produtividade, como número e massa fresca de tubérculos totais, comerciais e não comerciais, são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8. Análise de Correlação de Pearson entre as variáveis, folha (F), número de haste (H), comprimento (C), diâmetros (D), número de tubérculos totais (NTT), comerciais (NTC) e não comerciais (NTNC), massa seca (MS), massa fresca de tubérculos totais (MFTT), comerciais (MFTC) e não comerciais (MFTNC).

Variável	F	H	C	D
NTT	-0,967*	-0,9909**	-0,9321*	-0,9595*
MFTT	0,5276	0,5237	0,7840	0,7283
PS	0,5589	0,5647	0,8349*	0,7719
NTC	0,3944	0,4386	0,7052	0,5905
MFTC	0,5630	0,5659	0,8228*	0,7641
NTNC	-0,7739	-0,8145*	-0,9489*	-0,8923*
MFTNC	-0,6755	-0,7048	-0,9362*	-0,8684*

*Significativo em nível de 5% de probabilidade. ** Significativo em nível de 1% de probabilidade.

Destas correlações, que foram significativas em nível de 5% de probabilidade, observa-se que quanto maior o número de folhas, hastes laterais, comprimento e diâmetro da haste principal, menor o número de tubérculos totais. Este decréscimo do número de tubérculos totais, por sua vez, está correlacionado com o decréscimo do número de tubérculos não comerciais (correlação positiva de 0,8318). Além disso, o número de tubérculos não comerciais se relacionou negativamente com a massa fresca total (-0,904), massa seca total (-0,921) e número de tubérculos comerciais (-0,8746), e positivamente com a massa fresca de tubérculos não comerciais (0,9629).

O coeficiente de correlação é negativa e significativo entre as variáveis número de hastes laterais, comprimento e diâmetro da haste com relação ao número de tubérculos não comerciais

O número de hastes basais ativas se relaciona com a produtividade de tubérculos e a distribuição de tamanho dos mesmos, e depende da idade e peso da batata-semente e número de olhos superficiais ou gemas (OLIVEIRA *et al.*, 2000). E conforme Lynch *et*

al. (2001) há um incremento no número de tubérculos comerciais sob menores densidades de hastes, e sugerem que há um ponto ótimo entre o número de tubérculos e o número de hastes.

De acordo com a análise de regressão exposto na Figura 19, o número de hastes seguiu um comportamento quadrático, e os tubérculos de classes superiores, ou comerciais, foram encontrados em maior quantidade sob as condições de maior disponibilidade hídrica para a cultura da batata (significativo em 23%), o que por sua vez, apresentaram menor quantidade de hastes, para o tratamento T4 (Figura 19). Isto pode ser explicado pela maior eficiência na distribuição de fotoassimilados pela planta, que sob condições nutricionais e hídricas ótimas implica na produção de tubérculos maiores. Além disso, maior densidade de hastes ocasiona maior produção de tubérculos totais, os quais competem entre si por produtos da fotossíntese (SILVA *et al.*, 2009), refletindo assim na correlação positiva com aumento do número de tubérculos não comerciais (Tabela 8).

Quanto ao parâmetro comprimento de haste esta se correlacionou positivamente com a massa seca de tubérculos totais e massa fresca de tubérculos comerciais, e negativamente com número e massa fresca de tubérculos não comerciais (Tabela 8). E como demonstrado por Yuan *et al.* (2003) incrementos no tamanho da haste da batateira aumenta a produtividade de tubérculos comerciais.

Na Figura 19 é demonstrada a influência das lâminas de irrigação no incremento do número de folhas e hastes laterais, os quais se apresentaram sensíveis ao conteúdo de água do solo. Ou seja, quanto maiores e menores as lâminas de água, menor o número de folhas e hastes, concordando com Fleisher *et al.* (2008) e Yuan *et al.* (2003). E obteve-se um ponto máximo com as lâminas de 94,55 e 95,5 mm, ou seja, correspondendo a 86,26 e 87,13% da ETc, para a máxima produção de folhas e hastes laterais, respectivamente.

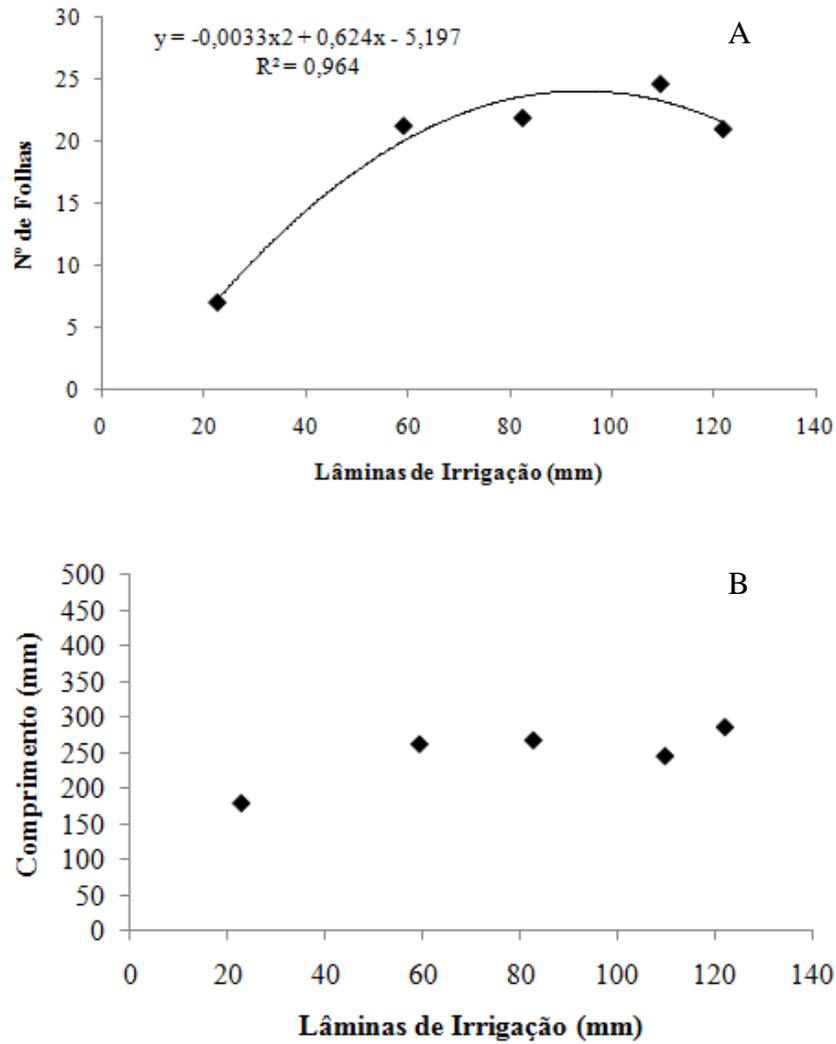


Figura 18. Influência de lâminas de irrigação no número de folhas (A) e de hastes laterais (B).

Embora, o comprimento tenha aumentado em função da quantidade de água aplicada, como demonstrado por Yuan *et al.* (2003), este parâmetro não apresentou diferenças significativas em nível de probabilidade de 5% (Tabela 9). Assim como o diâmetro, o qual não foi influenciado pelo conteúdo de água do solo (Tabela 9).

Tabela 9. Influência de lâminas de irrigação aos seguintes parâmetros: comprimento da maior haste lateral e diâmetro.

Tratamento	Comprimento (mm)	Diâmetro (mm)
T0	180,33 a	7,20 a
T1	263,50 a	8,12 a
T2	268,83 a	8,30 a
T3	252,78 a	8,44 a
T4	287,33 a	8,45 a

Letras iguais indicam diferenças não significativas em nível de 5% de probabilidade.

4.6 CONCLUSÃO

- A adubação com torta de mamona em cobertura é promissora para obtenção de maior produtividade de tubérculos;
- Os níveis de irrigação podem prolongar o ciclo da batata;
- A cultivar Opaline mostrou-se produtiva sob os baixos e altos níveis de suprimento hídrico;
- Há necessidade de mais estudos sobre as datas recomendadas de plantio da cultura da batata nas condições edafoclimáticas de Seropédica –RJ;

5. CONCLUSÕES GERAIS

A partir dos resultados obtidos nos experimentos, foram obtidas as seguintes conclusões:

- A quantificação local da demanda hídrica da cultura da batata pode proporcionar economia de 30% da aplicação da água nas condições do estudo, ou 9% ao utilizar os coeficientes de cultura encontrados sob condições simuladas a partir de série histórica;
- A técnica da irrigação associada com a estimativa precisa de coeficientes de cultura constitui uma ferramenta importante de otimização do uso da água para a produção de batata. Não obstante, o manejo da irrigação via solo deve ser preferencial em relação ao uso de parâmetros climáticos.
- A adubação com torta de mamona em cobertura é promissora para obtenção de maior produtividade de tubérculos;
- Os níveis de irrigação podem prolongar o ciclo da batata;
- A cultivar Opaline mostrou-se produtiva sob os baixos e altos níveis de suprimento hídrico;
- Há necessidade de mais estudos sobre as datas recomendadas de plantio da cultura da batata nas condições edafoclimáticas de Seropédica –RJ.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADHIKARI, R. C. Performance of different size true potato seed seedling tubers at Khumaltar. **Nepal Agricultural Research**, v.6, p.28-34, 2005.
- AGUIAR NETTO, A. O.; RODRIGUES, J. D.; PINH, S. Z. Análise de crescimento na cultura da batata submetida a diferentes lâminas de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.5, p.901-907, mai. 2000.
- ALBUQUERQUE, P. E. P de; DURÃES, F. O. M. **Uso e manejo de irrigação**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, ed. 1, p. 227-252, 2008.
- ALEXANDRIS, S. & KERKIDES, P. New empirical formula for hourly estimations of reference evapotranspiration. **Agricultural Water Management**. Amsterdam, v.60, n.3, p.157-180, 2003.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 308 p. (FAO Irrigation and Drainage, 56).
- ALVES, J. O. **Eco-eficiência na produção de energia com biomassa da mamona: além do biodiesel**. 2007. 115 f. Dissertação (Mestrado em Regulação da Indústria de Energia) – Universidade Salvador, Salvador, 2007.
- AMAYREH, J.; AL-ABED, N. Developing crop coefficients for field-grown tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) under drip irrigation with black plastic mulch. **Agricultural Water Management**, v.73, p.247-254, 2005.
- AQUINO, A. M. de; ASSIS, R. L. de. Agricultura orgânica em áreas urbanas e periurbanas com base na agroecologia. **Ambiente e Sociedade**, Campinas, v.10, n.1, p.137-150, jan/jun, 2007.
- ARSENAULT, W. J.; CHRISTIE, B. R. Effect of whole seed tuber size and pre-plant storage conditions on yield and tuber size distribution of Russet Burbank. **American Journal of Potato Research**, v.81, p.371-376, 2004.
- BARROS, V. R.; SOUZA, A. P. de; FONSECA, D. C.; SILVA, L. B. D. da. Avaliação da evapotranspiração de referência na região de Seropédica, Rio de Janeiro, utilizando lisímetro de pesagem e modelos matemáticos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.4, n.2, p.198-203, 2009.
- BÄTZ, W. *et al.* **Entwicklungsstadien der kartoffel**. Berlin: Biologische Bundesanstalt für land-und forstwirtschaft, Merkblatt, 1980.
- BÉLANGER, G.; WALSH, J. R.; RICHARDS, J. E.; MILBURN, P. H.; ZIADI, N. Tuber growth and biomass partitioning of two potato cultivars grown under different N fertilization rates with and without irrigation. **American Journal of Potato Research**, v.78, n.2, p.109-117, 2001.
- BEZERRA, F. M. L.; ANGELOCCI, L. R.; MINAMI, K. Deficiência hídrica em vários estádio de desenvolvimento da batata. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, n.2, p.119-123, 1998.
- BIRHMAN, R. K.; KAUL, M. L. H. Flower production, male sterility and berry setting in andigena potato. **Theoretical and Applied Genetics**, Heidelberg, v. 8, n.6, p. 1432-2242, dez. 1989.

- BRADLEY, G. A.; PRATT, A. J. The response of potatoes to irrigation at different levels of available moisture. **American Potato Journal**, v.31, 1954.
- BRASIL. Decreto n. 6.323, de 27 de dezembro de 2003. Dispõe sobre a agricultura orgânica, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 27 dez. 2007. Seção 1, p. 3
- BURMAN, R. D.; NIXOX, P. R. ; WRIGTH, J. L. ; PRUIT, W. O. **Water requirements**. In: JENSEN, M.E. (ed.) Design and climatic data. Michigan, ASAE, Monograph No. 3, p.189-225.1983.
- BURT, C. M.; O'NEILL, B. P. Drip and furrow on processing tomato-field performance. In: 28º Annual Irrigation Association, Technical Conference, San Diego, 2007.
- CAMARGO FILHO, W. P de; ALVES, H. S. Mercado de batata no Brasil: análise de produção, importação e preços. *Informações Econômicas*, v.35, n.5, p.71-76, 2005.
- CARLINI, C. R.; SÁ, M. F. G. Plant toxic proteins with inseticidal properties. A review on their potentialities as bioinseticidas. **Toxicon: official journal of the international society on toxicology**, v. 40, n.11, p. 1515-1539, 2002.
- CARMO, E. L. do; PÁDUA, J. G. de; DIAS, J. P. T.; DUARTE, H. da S. S.; DUARTE FILHO, J.; LEONEL, M. Desempenho de cultivares nacionais e estrangeiras de batata em duas condições ambientais do sul de Minas Gerais. **Anais... 49º Congresso Brasileiro de Olericultura**, 27, 2009. Águas de Lindoia, n.2, 2009.
- CARVALHO, D. F. de; MARQUES, D. C.; FERREIRA, E. J.; OLIVEIRA, L. F. C. de. Efeito do tamanho de séries históricas na demanda de irrigação do perímetro irrigado do Gorutuba, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, p.396 - 402, 2000.
- CEAGESP. **Classificação da Batata "in natura"**. Programa Brasileiro para a Melhoria dos Padrões Comerciais e Embalagens de Hortigranjeiros, 4p., 2001.
- CICHOTA, R.; VAN LIER, Q. de J.; Avaliação no campo de um TDR segmentado para estimativa da umidade do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.8, n.1, p. 72-78, 2004.
- COELHO, E. F.; CALDAS, R. C.; SANTOS, D. B.; LEDO, C. A. DA S. Número e espaçamento entre hastes de guia de onda para medida da umidade do solo com TDR. Campina Grande, PB: **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.2, p.215-220, 2003.
- CRUZ, F. A. DA. **Instalação e calibração de lisímetro de pesagem e determinação da evapotranspiração de referência para a região de Seropédica-RJ**. 2005. 65p., (Dissertação, mestrado em Fitotecnia), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica-RJ, 2005.
- DAROLT, M. R.; RODRIGUES, A.; NAZARENO, N.; BRISOLLA, A.; RÜPPEL, O. Análise comparativa entre o sistema orgânico e convencional de batata comum. **Revista Planeta Orgânico**, 10 p., 2003.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos**. Roma: FAO, 1979. 212p, FAO. Riego Drenage, 33.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

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

ERDEM, T.; ERDEM, Y.; ORTA, H.; OKURSOY, H. Water-yield relationships of potato under different irrigation methods and regimes. **Scientia Agricola** (Piracicaba, Braz.), v.63, n.3, p.226-231, mai./jun. 2006.

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

FAGGION, F.; OLIVEIRA, C. A. S.; CHRISTOFIDIS, D. Uso eficiente da água: uma contribuição para o desenvolvimento sustentável da agropecuária. **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia**, v.2, n.1, jan./abr., 2009.

FERREIRA, M. de N. L. **Distribuição radicular e consumo de água de goiabeira (*Psidium guajava* L.) irrigada por microaspersão em Petrolina –PE**. 2004. 106p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior Luis de Queiroz, Piracicaba, 2004.

FERREIRA, T. C.; GONÇALVES, D. A. Crop-yield/water-use production functions of potatoes (*Solanum tuberosum* L.) grown under differential nitrogen and irrigation treatments in a hot, dry climate. **Agricultural Water Management**, v.90, p.45-55, 2007.

FILGUEIRA, F. A. R. Batata Inglesa ou Andina? Batata Show, Itapetininga, n.13, dez. 2005. http://www.abbabatatabrasileira.com.br/revista13_026.htm. Data de acesso: 20 de junho de 2009.

FILGUEIRA, Fernando Antônio Reis. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: Ed. UFV, 2007. 421p.

FINCKH, M. R.; SCHULTE-GELDERMANN, E.; BRUNS, C. Challenges to organic potato farming: disease and nutrient management. **Potato Research**, v.49, n.1, p. 27-42, 2006.

FIGOZZE, C.; CERETTA, C. A. Fontes orgânicas de nutrientes em sistemas de produção de batata. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n. 6, p. 1788-1793, nov./dez. 2006.

FLEISHER, D. H.; TIMLIN, D. J.; REDDY, V. R. Interactive effects of carbon dioxide and water stress on potato canopy growth and development. *Agronomy Journal*, v.100, n.3, p.711-719, 2008.

FONTES, P. C. R.; NUNES, J. C. S.; FERNANDES, H. C.; ARAÚJO, E. F. Características físicas do solo e produtividade da batata dependendo de sistemas de preparo do solo. **Horticultura Brasileira**, v.25, n.3, p.355-359, 2007.

FOTI, S.; MAUROMICALE; IERNA, A. Influence of irrigation regimes on growth and yield of potato cv. Spunta. **Potato Research**, v.38, n.4, p.307-318, 1995.

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

- GARCIA Y GARCIA, A.; GUERRA, L. C.; HOOGENBOOM, G. Water use and water use efficiency of sweet corn under different weather conditions and soil moisture regimes. **Agricultural Water Management**, v. 96, n.10, p.1369-1376, 2009.
- GARCÍA, C. J. B.; DALRI, A. B.; ANDRADE, A. R. de; OLIVEIRA, M. V. A. M de; CRUZ, R. L. Irrigação por gotejamento superficial e subsuperficial na cultura de batata com dois sistemas de plantio. **Irriga Botucatu**, v. 8, n.2, p.150-159, 2003.
- GLIESSMAN, S.R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. 2.ed. Porto Alegre: Universidade, UFRGS, 2001. 653 p.
- GOMES, J. C. C.; **Sistema de produção da mamona**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007 (Sistema de Produção, 11).
- GRIMM, E. L. **Efeitos de diferentes níveis de irrigação na produtividade e ocorrência de requeima na cultura da batata**. 2007. 73 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.
- HAASE, N. U. Healthy aspects of potatoes as part of the human diet. **Potato Research**, v.51, n. 3-4, p. 239-258, 2008.
- HAVERKORT, A. J.; VERHAGEN, A. Climate change and its repercussions for the potato supply chain. **Potato Research**, v.51, n.3-4, p.223–237, 2008.
- HELDWEIN, A. B.; STRECK, N. A.; BISOGNIN, D. A. **Batata**. In: Monteiro, J. E. B. A. . (Org.). **Agrometeorologia dos Cultivos: O fator meteorológico na produção agrícola**. 1 ed. Brasília: Instituto Nacional de Meteorologia, 2009, v. 1, p. 93-108.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Indicadores de desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro, 2010.
- JANSKY, S. H.; JIN, L. P; XIE, K. Y.; XIE, C. H. Potato production and breeding in China. **Potato Research**, v.52, n.1, p.57-65, 2009.
- JEFFERIES R. A. Cultivar responses to water stress in potato: effects of shoot and roots. **New Phytologist**, v. 123, n.3, p. 491-498, 1993.
- JOHNSON, S. B.; SIDEMAN, E. **Producing potatoes organically in Maine**. UMaine Extension Publications Catalog, Bulletin 2419, 6 p., 2006.
- JOVANOVIC, Z.; STIKIC, R.; VUCELIC-RADOVIC, B.; PAUKOVIC, M.; BROJIC, Z.; MATOVIC, G.; ROVCANIN, S.; MOJEVIC, M. Partial root-zone drying increases WUE, N and antioxidant content in Field potatoes. **European Journal of Agronomy**, v.33, n.2, p.124-131, 2010.
- KASHYAP, P.S.; PANDA, R.K. Evaluation of evapotranspiration estimation methods and development of crop-coefficients for potato crop in a sub-humid region. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.50, n.1, p.9-25, 2001.
- KELLER, J.; BLIESNER, R.D. **Sprinkler and trickler irrigation**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1990. 652p.
- KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design parameters. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, v. 17, p. 678-784, 1974.
- KIEL, J.K. **Fertilizantes Orgânicos**. Piracicaba: Ceres, 1985. 492 p.
- KING, B. A.; STARK, J.C. **Potato irrigation management**. Bulletin 789, Cooperative Extension System, College of Agriculture Idaho, University of Idaho, 1997. 16p.

KING, B. A.; TARKALSON, D. D. Planting system effect on yield response of Russet Norkotah to irrigation and nitrogen under high intensity sprinkler irrigation. **American Potato Journal**, v. (em prelo), 2010.

KIZILOGLU, F. M.; SAHIN, U.; TUNC, T.; DILER, S. The effect of deficit irrigation on potato evapotranspiration and tuber yield under cool season and semiarid climatic conditions. **Journal of Agronomy**, v. 5, n.2, p.284-288, 2006.

KONNUR, R.; SUBBARAO, E.C. Biogás form de oiled castor cake. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON CASTOR SEED, CASTOR OIL AND ITS VALUE ADDED PRODUCTS. **Proceedings...** Ahmedabad: The Solvent Extractors Association of India, 2004. p.31-35.

LAHLOU, O.; LEDENT, J-F. Root mass and depth, stolons and roots formed on stolons in four cultivars of potato under water stress. **European Journal Agronomy**, v.22, n.2, p.159-173, 2005.

LYNCH, D. R. KOZUB, G. C. KAWCHUK, L. M. The relationship between yield, mainstem number, and tuber number in five maincrop and two early-maturing cultivars. **American Journal of Potato Research**, v.78, p.83-90, 2001.

MACHADO, R. L.; CARVALHO, D. F. de; COSTA, J. R. C.; OLIVEIRA NETO, D. H. de; PINTO, M. F. Análise da erosividade das chuvas associada aos padrões de precipitação pluvial na região de Ribeirão das Lajes (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.5, p.2113-2123, 2008.

MAGGIO, A.; CARILLO, P.; BULMETTI, G. S.; FUGGI, A.; BARBIERI, G.; PASCALE, S. de. Potato yield and metabolic profiling under conventional and organic farming. **European Journal of Agronomy**, v.28, n. .p.343-350, 2008

MALLMANN, N. **Efeitos da adubação na produtividade, qualidade e sanidade de batata cultivada no centro-oeste Paranaense**. 2001. 151 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. Viçosa: Ed. UFV ed. 3, 355p., 2009.

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

MEDEIROS, G. A. de; ARRUDA, F. B.; SAKAI, E. Crop coefficient for irrigated beans derived using three reference evaporation methods. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.135, p.135-143, 2005.

MENEZES, C. B de; PINTO, C. A. B. P; NURMBERG, P. L; LAMBERT, E. de S. Avaliação de genótipos de batata (*Solanum tuberosum* L.) nas safras “das águas” e de inverno no sul de Minas Gerais. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.23, n.4, p.776-783, 1999.

MIRANDA, F. R. de; OLIVEIRA, J. J. G.; SOUZA, F. de. Evapotranspiração máxima e coeficientes de cultivo para a cultura da melancia irrigada por gotejamento. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 35, n.1, p. 36 – 43, jan.-jun., 2004.

MOHAMMAD, M. J.; ZURAIQI, S.; QUASMEH, W.; PAPADOPOULOS, I. Yield response and nitrogen utilization efficiency by drip-irrigated potato. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.54, n.3, p.243-249, 1999.

- NIMAH, M.; DARWISH, I.; BASHOUR, I. Potato yield response to deficit irrigation and N fertilization. **Acta Horticulture**, v.2, n.537, p.823-830, 2000.
- NUNES, J. C. S.; FONTES, P. C. R.; ARAÚJO, E. F.; SEDIYAMA, C. Potato plant growth and macronutrient uptake as affected by soil tillage and irrigation systems. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.12, p.1787-1792, 2006.
- OJALA, J. C.; STARK, J. C.; KLEINKOPF, G. E. Influence of irrigation and nitrogen management on potato yield and quality. **American Potato Journal**, v.67, p.29-43, 1990.
- OLIVEIRA, C. A. da S. Potato crop growth as affected by nitrogen and plant density. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 5, p.939-950, 2000.
- OLIVEIRA, F. F; GUERRA, J. G. M; ALMEIDA, D. L; RIBEIRO R. L. D; ESPINDOLA, J. A. A; RICCI, M. S. F; CEDDIA, M. B. Avaliação de coberturas mortas em cultura de alface sob manejo orgânico. **Horticultura Brasileira**, v.26, n.2, p.216-220, 2008.
- OLIVEIRA, G. M. de; LEITÃO, M. de M. V. B. R.; ALMEIDA, A. C. de. Determinação da evapotranspiração e dos coeficientes de cultura de cultura para as diferentes fases de desenvolvimento do melão (*Cucumis melo* L.) na região norte da Bahia. **Revista Verde**, v.5, n.2, p.142-151, 2010.
- ONDER, S.; CALISKAN, M. E.; ONDER, D.; CALISKAN, S. Different irrigation methods and water stress effects on potato yield and yield components. **Agricultural Water Management**, v.73, n.1, p. 73-86, 2005.
- PÁDUA, J. G. de; MESQUITA, H. A.; CARMO, E. L do; DUARTE, H. da S. S.; DIAS, J. P. T.; DUARTE FILHO, J. Potencial produtivo de cultivares francesas de batata para o estado de Minas Gerais. **Revista Trópica –Ciências Agrárias e Biológicas**, v.3, n.2, p.73-78, 2009.
- PATEL, N.; RAJPUT, T.B.S. Effect of drip tape placement depth and irrigation level on yield of potato. **Agricultural Water Management**, v.88, n.1-3, p. 209-223, 2007.
- PAULA, F. L. M. de; STRECK, N. A.; HELDWEIN, A. B.; BISOGNIN, D. A.; PAULA, A. L. de; DELLAI, J. Soma térmica de algumas fases do ciclo de desenvolvimento da batata (*Solanum tuberosum* L.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.5, p.1034-1042, 2005.
- PAVANI, L. C; LOPES, A. S.; GALBEIRO, R. B. Manejo da irrigação na cultura do feijoeiro em sistemas plantio direto e convencional. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.28, n.1, p.12-21, jan./mar., 2008.
- PEREIRA, A. B.; PEDRAS, J. F.; VILLA NOVA, N. A.; CURY, D. M. Consumo d'água e coeficiente de cultura da batata (*Solanum tuberosum* L. cv. Itararé) em plantio de inverno no município de Botucatu-SP. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.3, p.59-62, 1995.
- PEREIRA, A. R., VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G.C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba, SP: FEALQ, 1997. 183p.
- PEREIRA, L. S. Higher performance through combined improvements in irrigation methods and scheduling: a discussion. **Agricultural Water Management**, v.40, n.2-3, p.153-169, 1999.

- PEREIRA, S.; OLIVEIRA FILHO, D. MANTOVANI, E. C.; RAMOS, M. M.; MARTINS, J. H. Reflectometria no domínio do tempo na determinação do conteúdo de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.2, p.306-314, 2006.
- PERRY, C.; STEDUTO, P. ALLEN, R. G. BURT, C. M. Increasing productivity in irrigated agriculture: Agronomic constraints and hydrological realities. **Agricultural Water Management**, v.96, n.11, p.1517-1524, 2009.
- PÓGI, M. C.; BRINHOLI, O. Efeitos da maturidade, do peso da batata-semente e da quebra da dormência sobre a cultivar de batata (*Solanum tuberosum* L.) Itararé (IAC 5986). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, n.11, p.1305-1311, 1995.
- REICHARDT, K; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. Barueri: Manole, 2004. 478p.
- RODRIGUES, G. B.; PINTO, C. A. B.; BENITES, F. R. G.; MELO, D. S. Seleção para duração do ciclo vegetativo em batata e relação com a produtividade de tubérculos. **Horticultura Brasileira**, v. 27, p.280-285, 2009.
- RYKBOST, K. A.; LOCKE, K. A. Effect of seed piece size on performance of three potato varieties in the Klamath Basin of Oregon. **American Journal of Potato Research**, v.75, n.2, p.75-82, 1999.
- SANDHU, H. S.; WRATTEN, S. D.; CULLEN, R. Organic agriculture and ecosystem services. **Environmental Science & Policy**, v.13, n.1, p.1-7, 2010.
- SANTOS, L. A.; ALMEIDA, D. L. de; ESPINDOLA, J. A. A.; RIBEIRO, R. de L. D.; ARAÚJO, M. L. de. **Desempenho de cultivares de batata (*Solanum tuberosum* L.), sob manejo orgânico, em condições edafoclimáticas do estado do Rio de Janeiro**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2003. 4 p. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado Técnico, 63).
- SEVERINO, L. S.; COSTA, F. X.; BELTRÃO, N. E. de M.; LUCENA, A. M. A. de; GUIMARÃES, M. M. B. Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 5, n. 001, p. 1519-5228, 2005.
- SHOCK, C. C.; PEREIRA, A. B.; ELDREDGE, E. P. Irrigation best management practices for potato. **American Journal of Potato Research**, v.84, n.1, p. 29-37, 2007.
- SILVA, D. G. da; CARVALHO, D. F. de; SOUZA, A. P.; GOMES, D. P.; ROCHA, H. S. **Calibração dos Coeficientes de Angström-Prescott para a estimativa da radiação solar em Seropédica**, RJ In: IX Congresso Latino-Americano e do Caribe de Engenharia Agrícola e do XXXIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2010, Vitória.
- SILVA, F. L. da; PINTO, C. A. B. P; ALVES, J. D.; BENITES, F. R. G.; ANDRADE, C. M.; RODRIGUES, G. B.; LEPRE, A. L.; BHERING, L. L. Caracterização morfofisiológica de clones precoces e tardios de batata visando à adaptação a condições tropicais. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.2, p.295-302, 2009.
- SILVA, J. A, PIRES, R. C. M, SAKAI, E., SILVA, T. J. A, ANDRADE, J. E., ARRUDA, F. B., CALHEIROS, R. O. Desenvolvimento e produtividade da cultura da batata irrigada por gotejamento em dois sistemas de cultivo. **Eng. Agrí. Jaboticabal**, v. 16, n.2, p. 354-362, maio/ago, 2007.

SILVA, T. O.; MENEZES, R. S. C. Adubação orgânica da batata com esterco e, ou *Crotalaria juncea*. II - Disponibilidade de N, P e K no solo ao longo do ciclo de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n.1, p. 31-61, 2007.

SKIERUCHA, W.; WILCZEK, A.; ALOKHINA, O. Calibration of a TDR probe for low soil water content measurements. **Sensors and Actuators**, v.147, n.2, p.544-552, 2008.

SOUZA, C. F.; FOLEGATTI, M. V.; MATSURA, E. E.; OR, D. Calibração da Relectometria no Domínio do Tempo (TDR) para a Estimativa da Concentração da Solução no Solo. **Revista Engenharia Agrícola** (Artigo técnico), Jaboticabal, v.26, n.1, p. 282-291, 2006a.

SOUZA, C. F.; FOLEGATTI, M.V.; MATSURA, E. E.; OR., D.; COELHO, E. F. Sondas de TDR para a estimativa da umidade e da condutividade elétrica do solo. **Revista Irriga**, Botucatu, v.11, n.4, p. 12-25, 2006b.

SOUZA, J. L.; SANTOS, R. H. S.; CASALI, V. W. D. **Análise energética em cultivos orgânicos de batata**. In: V CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 2007. Guarapari. Disponível em: <<http://www6.ufrgs.br/seeragroecologia/ojs/include/getdoc.php?id=5663&article=1378&mode=pdf>>. Acesso em 01 abr. 2009.

SOUZA, M. S. M de; BEZERRA, F. M. L.; VIANA, T. V. de A.; TEÓFILO, E. M.; CAVALCANTE, I. H. L. Evapotranspiração do maracujá nas condições do vale do Curu. **Revista Caatinga**, v.22, n.22, p.11-16, abril/junho, 2009.

STARR, G. C.; ROWLAND, D.; GRIFFIN, T. S.; OLANYA, O. M. Soil water in relation to irrigation, water uptake and potato yield in a humid climates. **Agricultural water management**, v.95, n.3, p. 292-300, 2008.

TEKALIGN, T.; HAMMES, P. S. Growth and productivity of potato as influenced by cultivar and reproductive growth I. Stomatal conductance, rate of transpiration, net photosynthesis, and dry matter production and allocation. **Scientia Horticulturae**, v.105, n.1, p.13-27, 2005.

TOPP, G. C.; DAVIS, J. L.; ANNAN, A. P. Electromagnetic determination of soil water content: measurements in coaxial transmission lines. **Water Resources Research**, Washington, v. 16, n.3, p. 574-582, 1980.

VENTURA, S. R. da S.; CARVALHO, A. G. de; ABOUD, A. C. de S.; RIBEIRO, R. de L. D. Influência das doses de nitrogênio e das coberturas vivas do solo em cultivo orgânico de berinjela, na incidência de *Corythaica cyathicollis* em diferentes períodos do dia. **Biotemas**, v.20, n.4, p.59-63, dez. 2007.

VESCOVE, H. V.; TURCO, J. E. P. Comparação de três métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região de Araraquara - SP. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 25, n.3, p. 713-721, 2005.

VOS, J.; HAVERKORT, A. J. **Water availability and potato crop performance**. In: Potato Biology and Biotechnology: Advances and Perspectives. The Netherlands: Elsevier, 2007, p. 333-351.

WADDELL, J.T.; GUPTA, S.C.; MONCRIEF, J.F.; ROSEN, C.J.; STEELE, D.D. Irrigation and nitrogen management effects on potato yield, tuber quality, and nitrogen uptake. **Agronomy Journal**, v.91,n.6, p.991-997, 1999.

YUAN, B. Z.; NISHIYAMA, S.; KANG, Y. Effects of different irrigation regimes on the growth and yield of drip-irrigated potato. **Agricultural Water Management**, v. 63, n.3, p. 153-167, 2003.

7. ANEXO 1

1. Metodologia para calibração de equipamento TDR nas condições experimentais

Sondas de TDR a 15 e 30 cm de profundidade foram instaladas em quatro bacias de 2,0 metros de diâmetro, os quais foram marcados em um canteiro e cobertos com lona plástica. Duas destas bacias foram preenchidas com água até a completa saturação. Posteriormente retiraram-se amostras com trado até as profundidades indicadas das sondas, e realizaram-se leituras de constante dielétrica do solo (K_a), simultaneamente. A determinação do teor de umidade foi baseada no método gravimétrico, do qual se multiplicou pela densidade do solo e encontrou-se a umidade em base volumétrica. Foram realizadas 50 coletas para cada profundidade, e construíram-se ajustes de curva, através de planilha eletrônica. Adotou-se o método linear para avaliar a relação das variáveis: leituras de K_a e umidade volumétrica, e realizou-se a análise de variância e estimou-se o erro médio absoluto percentual (EMAP %) conforme a Equação 1 (VUOLO, 1999).

$$\text{EMAP}\% = \frac{1}{n} \sum \frac{|\theta_{\text{obs}} - \theta_{\text{est}}|}{\theta_{\text{obs}}} * 100 \quad (1)$$

em que:

θ_{obs} = umidade volumétrica observada no campo em $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$;

θ_{est} = umidade volumétrica estimada pela equação de calibração em $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$;

n = número de observações.

Concomitantemente à calibração, para as bacias preenchidas com água, aferiu-se o conteúdo de água na capacidade de campo, nas profundidades de 0-15 e 15-30 cm da superfície do solo, conforme a metodologia de campo.

E ainda, foram obtidas amostras a partir de anel volumétrico de 98,2 cm^3 para determinação da densidade e da curva de retenção da umidade do solo, pelo método da membrana de “Richards” (panela de pressão), realizado na Embrapa Solos (RJ).

8. ANEXO 2

2. Equação de calibração de TDR nas condições experimentais

Após a obtenção dos valores de K_a e umidade volumétrica, foi possível estabelecer uma curva de calibração para profundidade de 0-15cm e 15-30cm, mediante o modelo linear. Para estabelecer o grau de importância dos coeficientes lineares foi utilizado o teste de hipótese de nulidade, em nível de 5% de significância, pela distribuição F. A seguir são apresentadas as curvas e equações para as profundidades de 15 e 30 cm (Figura 20).

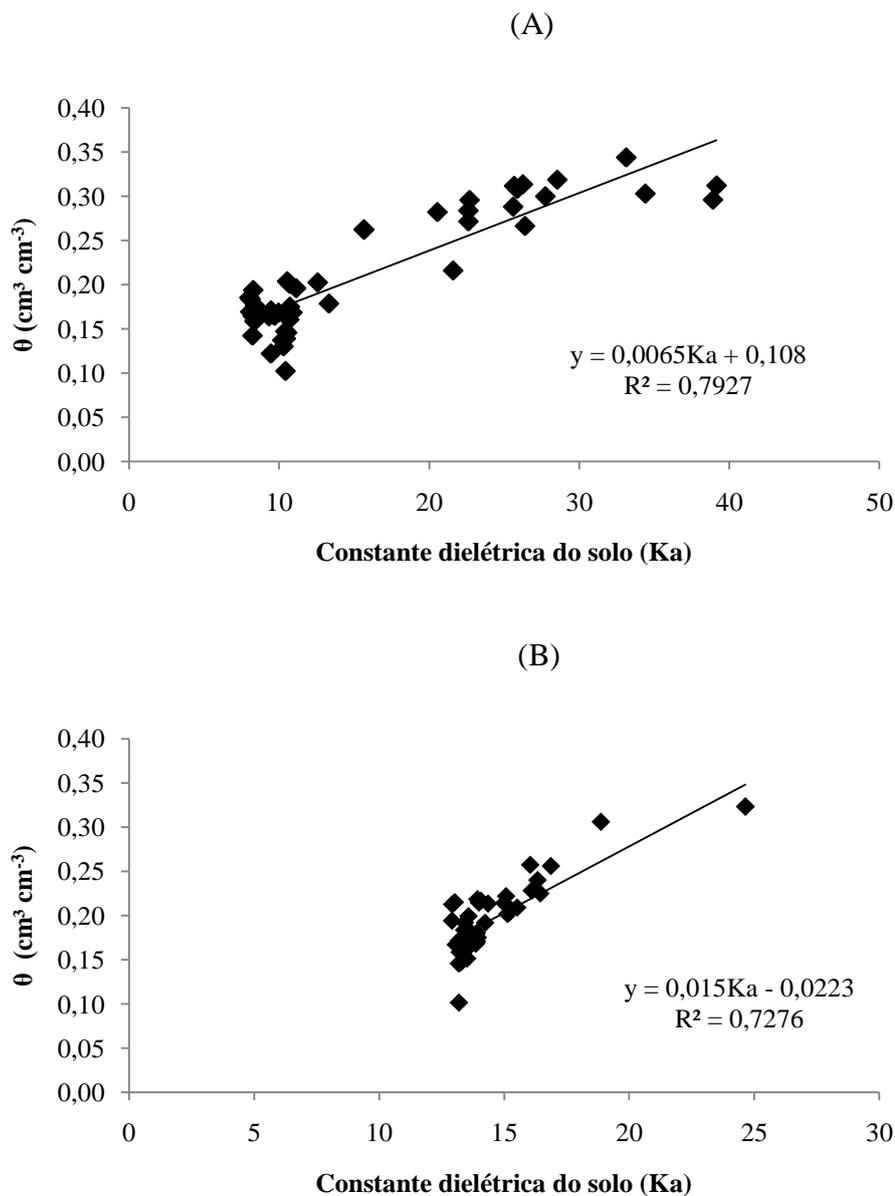


Figura 20. Equações de calibração de TDR para as profundidades 0-15 cm (A) e 15-30 cm (B).

9. ANEXO 3

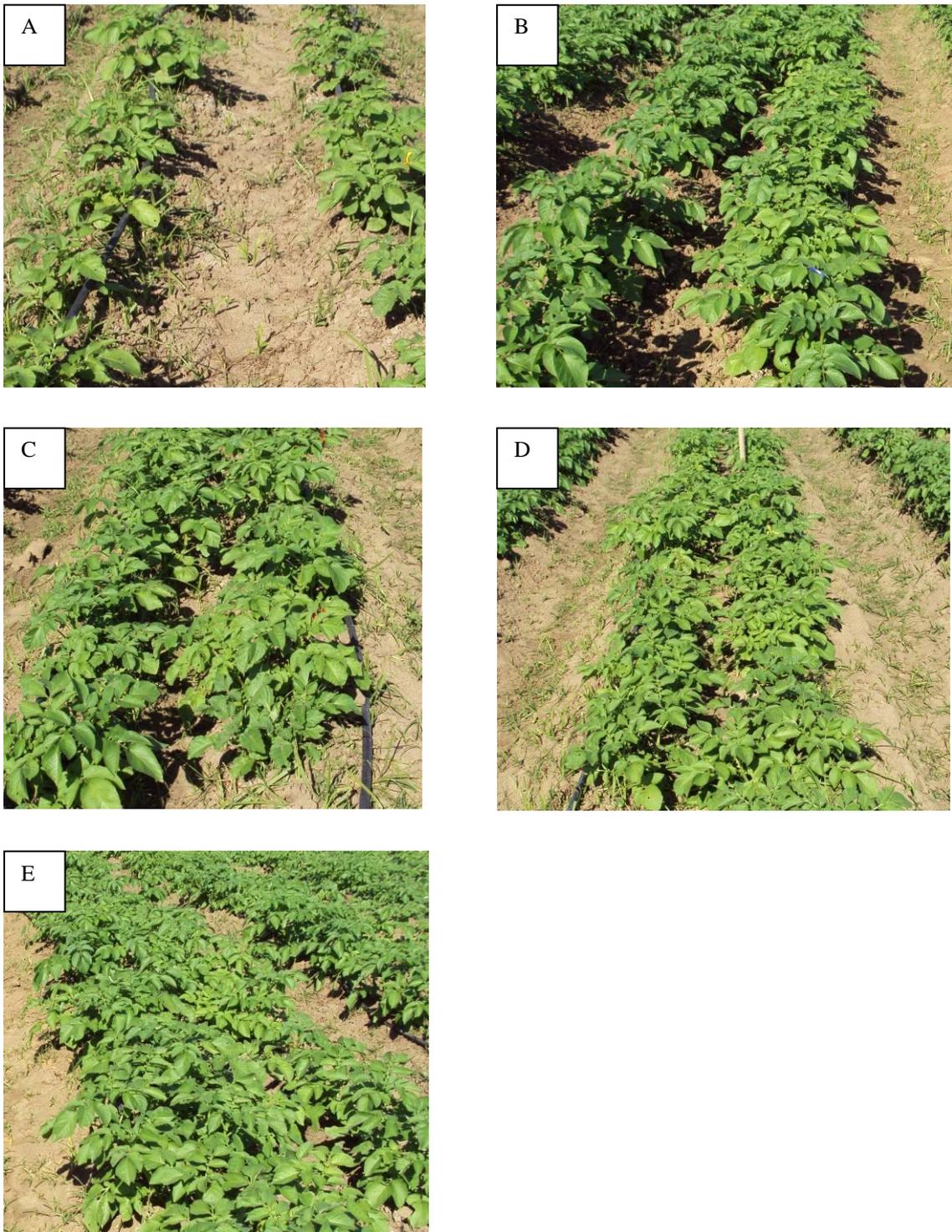


Foto obtida em 16 de junho de 2010.

Figura 19. Cultivo de batata sob influência de lâminas de irrigação, aos 23 dias após a emergência ou 40 dias após o plantio, caracterizando o estágio de tuberização. A= tratamento sem irrigação; B, C, D, E= T1, T2, T3 e T4.

10. ANEXO 4

3. Análise de variância dos experimentos

3.1 Plantio em 2009

a) Produtividade total de tubérculos:

Fonte de variação	GL	QM	F	P>F
Bloco	4	14277879,12	1,636	0,2138
Irrigação	4	21650777,70	2,481	0,0855
Erro 1	16	8726459		
Adubação	1	72521211	12,898	0,0018
Irrigação X Adubação	4	1282458,30	0,228	0,9194
Erro 2	20	5622881,06		

Coefficiente de variação 1 (%) = 19,55
Coefficiente de variação 2 (%) = 15,69
Média geral = 15109,42

b) Número de tubérculos totais:

Fonte de variação	GL	QM	F	P>F
Bloco	4	20,77	2,848	0,0586
Irrigação	4	20,47	2,807	0,0611
Erro 1	16	7,29		
Adubação	1	13,32	2,213	0,1525
Irrigação X Adubação	4	3,33	0,553	0,6993
Erro 2	20	6,02		

Coefficiente de variação 1 (%) = 20,36
Coefficiente de variação 2 (%) = 18,50
Média geral = 13,27

c) Peso fresco de tubérculos totais:

Fonte de variação	GL	QM	F	P>F
Bloco	4	15127,21	1,714	0,1961
Irrigação	4	21631,20	2,451	0,0883
Erro 1	16	141235,27	8827,20	
Adubação	1	76342,78	13,226	0,0016
Irrigação X Adubação	4	1373,60	0,238	0,9135
Erro 2	20	5772,21		

Coeficiente de variação 1 (%) = 19,45
Coeficiente de variação 2 (%) = 15,73
Média geral = 482,97

d) Produtividade de tubérculos comerciais

Fonte de variação	GL	QM	F	P>F
Bloco	4	15263430,21	1,893	0,1608
Irrigação	4	14894826,41	1,847	0,1691
Erro 1	16	8062164,10		
Adubação	1	64048222,46	10,476	0,0041
Irrigação X Adubação	4	2562379,70	0,419	0,7929
Erro 2	20	6113893,74		

Coeficiente de variação 1 (%) = 22,09
Coeficiente de variação 2 (%) = 19,23
Média geral = 12856,49

e) Produtividade de tubérculos não comerciais

Fonte de variação	GL	QM	F	P>F
Bloco	4	1927654,76	3,567	0,0291
Irrigação	4	613485,80	1,135	0,3752
Erro 1	16	540381,08		
Adubação	1	401485,06	0,466	0,5026
Irrigação X Adubação	4	799772,21	0,928	0,4673
Erro 2	20	861478,37		

Coeficiente de variação 1 (%) = 32,87

Coeficiente de variação 2 (%) = 41,50

Média geral = 2236,49

f) Número de tubérculos comerciais:

Fonte de variação	GL	QM	F	P>F
Bloco	4	4,08	1,923	0,1557
Irrigação	4	3,12	1,471	0,2573
Erro 1	16	2,12		
Adubação	1	8,20	4,698	0,0424
Irrigação X Adubação	4	1,40	0,803	0,5377
Erro 2	20	1,75		

Coeficiente de variação 1 (%) = 21,17

Coeficiente de variação 2 (%) = 19,19

Média geral = 6,89

g) Peso fresco de tubérculos comerciais:

Fonte de variação	GL	QM	F	P>F
Bloco	4	15629,67	1,893	0,1608
Irrigação	4	15252,38	1,848	0,1691
Erro 1	16	8255,67		
Adubação	1	65585,73	10,476	0,0041
Irrigação X Adubação	4	2623,89	0,419	0,7929
Erro 2	20	6260,63		
Coeficiente de variação 1 (%) = 22,09				
Coeficiente de variação 2 (%) = 19,23				
Média geral = 411,41				

h) Número de tubérculos não comerciais:

Fonte de variação	GL	QM	F	P>F
Bloco	4	13,23	2,665	0,0707
Irrigação	4	8,26	1,664	0,2072
Erro 1	16	4,97	0,144	0,7079
Adubação	1	5,22	1,221	0,3334
Irrigação X Adubação	4	4,28		
Erro 2	20			
Coeficiente de variação 1 (%) = 34,92				
Coeficiente de variação 2 (%) = 32,42				
Média geral = 6,38				

i) Peso fresco de tubérculos não comerciais:

Fonte de variação	GL	QM	F	P>F
Bloco	4	1973,89	3,567	0,0291
Irrigação	4	628,23	1,135	0,3752
Erro 1	16	553,35		
Adubação	1	411,16	0,466	0,5026
Irrigação X Adubação	4	818,97	0,928	0,4673
Erro 2	20	882,16		

Coeficiente de variação 1 (%) = 32,87

Coeficiente de variação 2 (%) = 41,50

Média geral = 71,57

3.2 Plantio em 2010

j) Produtividade total de tubérculos:

Fonte de variação	GL	QM	F	P>F
Bloco	4	2588429,087	0,249	0,9063
Irrigação	4	10361274,709	0,995	0,4387
Erro	16	10414623,967		

Coeficiente de variação (%)= 31,97

Média geral = 10094,823

k) Eficiência no uso da água (Dados transformados Log(x)):

Fonte de variação	GL	QM	F	P>F
Bloco	4	0,007240	0,343	0,8452
Irrigação	4	0,316346	14,971	0,000
Erro	16	0,021130		

Coefficiente de variação (%)= 6,76

Média geral = 2,151

Parâmetro	GL	QM	F	P>F
b1	1	1,14847	54,351	0,000
b2	1	0,110261	5,218	0,036
b3	1	0,006347	0,300	0,591
Desvio	1	0,00033	0,016	0,90
Erro	16	0,021130		

l) Número de tubérculos totais:

Fonte de variação	GL	QM	F	P>F
Bloco	4	0,478887	0,119	0,9738
Irrigação	4	0,970109	0,241	0,9110
Erro	16	4.027149		

Coefficiente de variação (%)= 23,45

Média geral = 8,556

m) Peso fresco de tubérculos totais:

Fonte de variação	GL	QM	F	P>F
Bloco	4	2261,8819	0,206	0,9312
Irrigação	4	10442,668	0,952	0,4598
Erro	16	10964,412		

Coefficiente de variação (%)= 32,29

Média geral = 324,269

n) Peso seco de tubérculos totais:

Fonte de variação	GL	QM	F	P>F
Bloco	4	100,945	0,24	0,9118
Irrigação	4	446,577	1,060	0,4081
Erro	16	421,2978		

Coefficiente de variação (%)= 33,53

Média geral = 61,2097

o) Porcentagem de matéria seca:

Fonte de variação	GL	QM	F	P>F
Bloco	4	0,76655	1,455	0,2618
Irrigação	4	0,83228	1,580	0,2277
Erro	16	0,52673		

Coefficiente de variação (%)= 5,06

Média geral = 14,332

p) Número de tubérculos comerciais:

Fonte de variação	GL	QM	F	P>F
Bloco	4	0,8927	0,718	0,5916
Irrigação	4	1,2710	1,023	0,4253
Erro	16	1,2426		

Coefficiente de variação (%)= 28,41

Média geral = 3,923

q) Peso fresco de tubérculos comerciais:

Fonte de variação	GL	QM	F	P>F
Bloco	4	3322,0158	0,370	0,8264
Irrigação	4	16142,2980	1,798	0,1785
Erro	16	8975,8717		

Coefficiente de variação (%)= 36,21

Média geral = 261,6702

r) Número de tubérculos não comerciais:

Fonte de variação	GL	QM	F	P>F
Bloco	4	0,3409	0,183	0,944
Irrigação	4	3,2591	1,745	0,1894
Erro	16	1,8673		

Coefficiente de variação (%)= 29,49

Média geral = 4,633

s) Peso fresco de tubérculos não comerciais:

Fonte de variação	GL	QM	F	P>F
Bloco	4	138,548	0,297	0,8757
Irrigação	4	680,117	1,457	0,2613
Erro	16	466,7157		

Coefficiente de variação (%)= 34,51

Média geral = 62,599

t) Número de folhas:

Fonte de variação	GL	QM	F	P>F
Bloco	4	13,672	0,647	0,6373
Irrigação	4	238,866	11,298	0,0001
Erro	16	21,141		

Coefficiente de variação (%)= 23,99

Média geral = 19,165

Parâmetro	GL	QM	F	P>F
b1	1	625,644	29,593	0,000
b2	1	295,833	13,993	0,002
b3	1	1,664	0,079	0,783
Desvio	1	32,321	1,529	0,234
Erro	16	21,141		

u) Número de hastes laterais

Fonte de variação	GL	QM	F	P>F
Bloco	4	0,237	0,595	0,6713
Irrigação	4	1,607	4,031	0,0190
Erro	16	0,399		

Coeficiente de variação (%)= 23,64

Média geral = 2,671

Parâmetro	GL	QM	F	P>F
b1	1	3,280	8,230	0,011
b2	1	2,820	7,077	0,017
b3	1	0,239	0,599	0,450
Desvio	1	0,088	0,220	0,646
Erro	16	6,380		

v) Comprimento

Fonte de variação	GL	QM	F	P>F
Bloco	4	2084,175	0,639	0,6424
Irrigação	4	8491,912	2,603	0,0753
Erro	16	3262,614		

Coeficiente de variação (%)= 22,91

Média geral = 249,312

w) Diâmetro

Fonte de variação	GL	QM	F	P>F
Bloco	4	2,085	1,219	0,3416
Irrigação	4	1,237	0,723	0,5887
Erro	16	1,710		

Coeficiente de variação (%)= 16,21

Média geral = 8,066
