

COEFICIENTES DE CULTURA E EFEITOS DE DÉFICITS
HÍDRICOS NOS DIFERENTES ESTÁDIOS FENOLÓGICOS
SOBRE A PRODUÇÃO DA BATATA (*Solanum tuberosum* L.)

FRANCISCO MARCUS LIMA BEZERRA

Engenheiro Agrônomo

Orientador : Prof. Dr. LUIZ ROBERTO ANGELOCCI

Tese apresentada à Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade
de São Paulo, para obtenção do título de
Doutor em Agronomia, Área de Concentração :
Irrigação e Drenagem.

PIRACICABA

Estado de São Paulo - Brasil

Fevereiro - 1995

COEFICIENTES DE CULTURA E EFEITOS DE DÉFICITS
HÍDRICOS NOS DIFERENTES ESTÁDIOS FENOLÓGICOS
SOBRE A PRODUÇÃO DA BATATA (*Solanum tuberosum* L.)

FRANCISCO MARCUS LIMA BEZERRA

Aprovado em : 11.04.1995

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Luiz Roberto Angelocci

ESALQ / USP

Prof. Dr. Luiz Carlos Pavani

FCAV / UNESP

Dr. Flávio Busmeyer Arruda

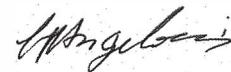
IAC

Prof. Dr. Tarlei Arriel Botrel

ESALQ / USP

Prof. Dr. Keigo Minami

ESALQ / USP



Prof. Dr. LUIZ ROBERTO ANGELOCCI

Orientador

A minha mãe Maria José, que
mesmo longe me incentivou e
depositou sua confiança

DEDICO

OFEREÇO

Aos meus irmãos, irmã,
cunhadas e sobrinhas.

É bom chegar quando se tem paciência.
E para se chegar, onde quer que seja,
não é preciso dominar a força, mas a
razão. E preciso, antes de mais nada, querer.

AMYR KLINK

" Ao vencedor as batatas ! "

MACHADO DE ASSIS

• Dom Casmurro •

AGRADECIMENTOS

A DEUS, que proporcionou-me paz de espírito em momentos difíceis, dando-me forças para concluir mais uma etapa em minha vida.

Ao meu orientador, Prof Dr. Luiz Roberto Angelocci, agradeço pela oportunidade, pelo total apoio na realização deste trabalho, pelo respeito e admirável exemplo de dedicação à pesquisa científica.

Ao Prof. Dr. Keigo Minami, chefe do setor de Horticultura na ocasião quando realizei o trabalho experimental, pelas sugestões e apoio logístico.

Aos Professores Dr. Tarlei Arriel Botrel e Dr. Luiz Carlos Pavani e ao Dr. Flávio Busmeyer Arruda pela revisão dos originais e sugestões apresentadas.

Aos Prof. Dr. Humberto de Campos, pela orientação na análise estatística.

Ao programa de Pós-graduação em Agronomia, subárea Irrigação e Drenagem da Escola Superior de Agricultura " Luiz de Queiroz ", na pessoa de seus professores e funcionários.

À Universidade Federal do Ceará - Instituição na qual sou lotado como professor no Departamento de Engenharia Agrícola pelo afastamento concedido para a realização deste trabalho.

Aos meus amigos Antonio Carlos Magalhães, Raimundo Nonato de Assis Júnior e Ana Rita Rodrigues Vieira pelo apoio, amizade nos momentos mais difíceis que só os pós graduandos compreendem.

À todos os funcionários do setor de Horticultura da ESALQ, pois sem eles tudo teria sido mais difícil e, em especial, Gaudêncio, pelo apoio e amizade.

Ao Programa Institucional de Capacitação de Docente(PICD / CAPES), pelo suporte concedido na forma de bolsa de Doutorado.

Aos que considero e que me consideram como colega e amigo.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE TABELAS.....	viii
RESUMO.....	xi
SUMMARY.....	xiii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. O efeito de estresse hídrico nos estágios fenológicos da batata....	3
2.2. O efeito do nível de água e frequência de irrigação sobre a produtividade da batata.....	8
2.3. Necessidade de água da batata , coeficientes de cultura e fator de sensibilidade ao estresse (K_y).....	18
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	26
3.1. Material.....	26
3.1.1. Localização e características da área experimental.....	26
3.1.2. Descrição do experimento.....	29
3.1.3. Características físico-hídricas do solo nos abrigos.....	29
3.1.4. Detalhes experimentais.....	31
3.1.5. Irrigação do experimento.....	35
3.1.6. Instalação do experimento.....	37
3.1.7. Práticas culturais.....	39
3.1.8. Medidas climáticas auxiliares e de temperatura do solo.....	40
3.2. Métodos.....	41
3.2.1. Processos de estimativa da evapotranspiração de referência (E_{To}).....	41
3.2.1.1. Método de Penman.....	41
3.2.1.2. Método Tanque Classe A.....	44
3.2.1.3. Método da Radiação Solar.....	45
3.2.1.4. Método de Thornthwaite.....	46

3.2.2. Estimativa da evapotranspiração real(ET_a).....	47
3.2.2.1. Determinação dos componentes do balanço.....	48
3.2.2.1.1. Percolação ou ascensão capilar (Q_z).....	48
3.2.2.1.2. Irrigação (I).....	49
3.2.2.1.3. Variação do armazenamento (ΔA).....	50
3.2.2.1.4. Evapotranspiração (ET).....	51
3.2.3. Coeficiente de cultura (K_c).....	51
3.2.4. Fator de sensibilidade da cultura ao déficit hídrico(K_y).....	52
3.2.5. Evolução do grau de déficit hídrico na batata.....	53
3.2.6. Análises estatísticas dos resultados.....	54
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	55
4.1. Condições meteorológicas durante o desenvolvimento da batata.....	55
4.2. Evapotranspiração e produtividade da batata.....	56
4.3. Efeito do déficit de água na produtividade da batata.....	87
4.3.1. Déficit de evapotranspiração relativa ($1 - ET_a / ET_m$) e fator de de sensibilidade ao déficit hídrico (K_y)	87
4.3.2. Evolução do grau de déficit hídrico.....	93
4.4. Coeficientes da cultura (K_c).....	97
4.4.1. Valores das evapotranspirações de referência (ET_o).....	97
4.4.2. Valores dos coeficientes da cultura (K_c).....	98
4.5. Análise estatística da produção.....	103
4.5.1. Tamanho e produção de tubérculos.....	103
4.5.2. Número total de tubérculos por planta.....	105
5. CONCLUSÕES.....	108
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	110
APÊNDICE 1.....	121
APÊNDICE 2.....	123
APÊNDICE 3.....	125
APÊNDICE 4.....	127

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1a - Detalhe do abrigo 1, blocos 1 e 2.....	30
Figura 1b - Detalhe do abrigo 2, blocos 3 e 4.....	30
Figura 2 - Detalhe da parcela.....	36
Figura 3 - Equipamento usado nas irrigações.....	37
Figura 4 - Detalhe da bateria de tensiômetro em uma parcela experimental	38
Figura 5 - Variação da temperatura média do ar e do solo à 15 cm de profundidade às 7 horas, durante a condução do experimento.	55
Figura 6 - Variação da evapotranspiração da batata no tratamento 1.....	58
Figura 7 - Variação da evapotranspiração da batata no tratamento 2.....	62
Figura 8 - Variação da evapotranspiração da batata no tratamento 3.....	65
Figura 9 - Variação da evapotranspiração da batata no tratamento 4.....	69
Figura 10 - Variação da evapotranspiração da batata no tratamento 5.....	73
Figura 11 - Variação da evapotranspiração da batata no tratamento 6.....	76
Figura 12 - Variação da evapotranspiração da batata no tratamento 7.....	80
Figura 13 - Variação da evapotranspiração da batata no tratamento 8.....	84
Figura 14 - Relação $(1 - ET_a / ET_m)$ durante os estádios fenológicos da batata nos tratamentos sob deficiência hídrica.....	88
Figura 15 - Variação do índice $[AD/CAD - (1-p)]$ nas parcelas dos tratamentos 1, 2, 3 e 4, nos estádios fenológicos da batata (out.a dez./1993).....	94
Figura 16 - Variação do índice $[AD/CAD - (1-p)]$ nas parcelas dos tratamentos 5, 6, 7 e 8, nos estádios fenológicos da batata (out.a dez./1993).	95

Figura 17 - Curva da relação entre o índice de déficit de evapotranspiração relativa $(1 - ETa/ETm)$ e o índice $[AD/CAD - (1 - p)]$ obtidos nos oito tratamentos.....	96
Figura 18 - Variação dos coeficientes de cultura da batata nos estádios fenológicos.....	102
Figura 19 - Produção total média de tubérculos, por classes de tamanho nos oito tratamentos.....	104
Figura 20 - Número médio de tubérculos por plantas nos oito tratamentos.....	106

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 - Características agronômicas do cultivar Monalisa.....	27
Tabela 2 - Características químicas do solo nos abrigos.....	28
Tabela 3 - Características físicas do solo da área experimental.....	28
Tabela 4a - Parâmetros da equação de Van Genuchten e densidade do solo no abrigo 1	32
Tabela 4b - Parâmetros da equação de Van Genuchten e densidade do solo no abrigo 2	33
Tabela 5 - Relação dos tratamentos aplicados no experimento com o cultivar Monalisa.....	36
Tabela 6 - Valores dos componentes do balanço hídrico da cultura da batata no tratamento 1 - médias das repetições.....	59
Tabela 7 - Valores, em mm, das evapotranspiração máxima (ET _m), Irrigação (I) e produtividade máxima (y _m) obtidos no tratamento 1.....	60
Tabela 8 - Valores dos componentes do balanço hídrico da cultura da batata no tratamento 2 - médias das repetições.....	63
Tabela 9 - Valores, em mm, das evapotranspirações máxima (ET _m) e real (E _{tm}), Irrigação (I) e produtividade máxima (y _m) obtidos no tratamento 2.....	64
Tabela 10 - Valores dos componentes do balanço hídrico da cultura da batata no tratamento 3 - médias das repetições.....	66
Tabela 11 - Valores, em mm, das evapotranspirações máxima (ET _m) e real (E _{tm}), Irrigação (I) e produtividade máxima (y _m) obtidos no tratamento 2.....	67

Tabela 12 - Valores dos componentes do balanço hídrico da cultura da batata no tratamento 4 - médias das repetições.....	70
Tabela 13 - Valores, em mm, das evapotranspirações máxima (ET _m) e real (E _{tm}), Irrigação (I) e produtividade máxima (y _m) obtidos no tratamento 4.....	71
Tabela 14 - Valores dos componentes do balanço hídrico da cultura da batata no tratamento 5 - médias das repetições.....	74
Tabela 15 - Valores, em mm, das evapotranspirações máxima (ET _m) e real (E _{tm}), Irrigação (I) e produtividade máxima (y _m) obtidos no tratamento 5.....	75
Tabela 16 - Valores dos componentes do balanço hídrico da cultura da batata no tratamento 6 - médias das repetições.....	77
Tabela 17 - Valores, em mm, das evapotranspirações máxima (ET _m) e real (E _{tm}), Irrigação (I) e produtividade máxima (y _m) obtidos no tratamento 6.....	78
Tabela 18 - Valores dos componentes do balanço hídrico da cultura da batata no tratamento 7 - médias das repetições.....	81
Tabela 19 - Valores, em mm, das evapotranspirações máxima (ET _m) e real (E _{tm}), Irrigação (I) e produtividade máxima (y _m) obtidos no tratamento 7.....	82
Tabela 20 - Valores dos componentes do balanço hídrico da cultura da batata no tratamento 8 - médias das repetições.....	85
Tabela 21 - Valores, em mm, das evapotranspirações máxima (ET _m) e real (E _{tm}), Irrigação (I) e produtividade máxima (y _m) obtidos no tratamento 8.....	86
Tabela 22 - Valores de $(1 - ET_a/ET_m)$ e $(1/y_a/y_m)$ e do fator de sensibilidade Ky do cultivar Monalisa nos tratamentos sob estresse hídrico. (Médias das repetições)	91

Tabela 23 - Valores da evapotranspiração de referência obtidos pelos métodos Penman, Radiação, Thornthwiate e Tanque Classe A durante o balanço hídrico da cultura da batata.....	100
Tabela 24 - Valores dos coeficientes de cultura da batata nos estádios fenológicos, obtidos a partir das ETo estimadas pelos métodos propostos.....	101
Tabela 25 - Valores dos coeficientes de cultura (kc), obtidos por ENCARNAÇÃO (1987), FRANKE e KONIG (1994) e no presente estudo, deternimados pelos métodos propostos e recomendado pela FAO (1979), por estádios fenológicos da batata (<i>Solanum tuberosum</i> L.).....	102
Tabela 25 - Análise de variância para os dados de produção total de tubérculos de batata dos oito tratamentos.....	104
Tabela 26 - Análise de variância para os dados números de tubérculos por planta dos oito tratamentos.....	106

COEFICIENTES DE CULTURA E EFEITOS DE DÉFICITS HÍDRICOS NOS DIFERENTES ESTÁDIOS FENOLÓGICOS SOBRE A PRODUÇÃO DA BATATA (*Solanum tuberosum* L.)

Autor : FRANCISCO MARCUS LIMA BEZERRA

Orientador : PROF. DR. LUIZ ROBERTO ANGELOCCI

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido em área com abrigos removíveis para proteção contra chuva, em solo Latossolo Roxo, com o objetivo de avaliar o comportamento da cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.), cultivar Monalisa, sob regime de déficit hídrico nos estádios vegetativo, de tuberização e de enchimento de tubérculos, durante o segundo semestre de 1993, na área experimental do Departamento Horticultura da ESALQ / USP, Piracicaba (SP), com coordenadas geográficas de 22° 42' de latitude sul e 47° 38' de longitude oeste e altitude de 540 m. .

O delineamento experimental usado foi blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos foram definidos em função da época de indução do déficit hídrico nos estádios de desenvolvimento da batata, correspondendo à ocorrência de déficit hídrico em um, dois ou três estádios. O déficit hídrico foi conseguido pelo fornecimento da metade da lâmina de água aplicada do tratamento sem déficit e irrigado na tensão da água do solo de 0,02 MPa, medida por tensiômetros. Foram determinadas as evapotranspirações máxima e real da cultura da batata pelo método do balanço hídrico de campo; os coeficientes de sensibilidade da batata ao déficit hídrico expresso por

$K_y = \frac{(1 - y_a/y_m)}{(1 - ET_a/ET_m)}$, onde y_a e y_m são os rendimentos real e máximo, enquanto

T_a e T_m são as evapotranspirações real e máxima, respectivamente; a resposta de produção da cultura para os diferentes tratamentos de déficits hídricos; os coeficientes de cultura da batata a partir dos valores de evapotranspiração de referência, estimados pelos métodos de Penman, Tanque Classe A, Radiação Solar e Thornthwaite.

Baseando-se nos resultados, pode-se concluir: a) O estágio de tuberização foi o mais sensível quando o déficit ocorreu somente em um deles; b) a deficiência hídrica aplicada sequencialmente nos estádios de tuberização e enchimento de tubérculos provocou redução acentuada na produtividade; quando aplicada nos três estádios fenológicos causou drástica redução na produtividade; c) Os valores do coeficiente de sensibilidade (K_y) da batata para cada fase foram superiores aos apresentados por DOORENBOS & KASSAM (1979), variando na seguinte ordem decrescente, tuberização, enchimento de tubérculos e vegetativo, para déficit em apenas um estágio fenológico; d) Os valores do coeficiente de cultura foram afetados pelo método de estimativa de ET_o e, em geral, foram inferiores aos valores sugeridos por DOORENBOS & KASSAM (1979) nos três estádios; e) O déficit hídrico afetou significativamente a produção total e o número de tubérculos por planta, e f) O tamanho dos tubérculos foi afetado pelo déficit hídrico; maiores percentagens de tubérculos graúdos foram obtidos nos tratamentos que não sofreram déficits no estágio de enchimento de tubérculos.

CROP COEFFICIENTS AND EFFECTS OF WATER DEFICIT IN DIFFERENT GROWTH PERIODS ON POTATO (*Solanum tuberosum* L.) YIELD

Author : FRANCISCO MARCUS LIMA BEZERRA

Adviser : PROF. DR. LUIZ ROBERTO ANGELOCCI

SUMMARY

This work was performed using removeble plastic rainshelter in an experimental area of the ESALQ / USP, at Piracicaba (lat. 22° 42' S and long. 47° 38' W), São Paulo state, Brazil, with the aim to study the yield response to soil water deficits in the vegetative, tuber initiation, and tuber development periods of the potato crop, cv. "Monalisa". The crop coefficients were also determined for each phenophase.

The experimental design was randomized blocks, with four replications with the treatments corresponding to the occurrence of : (i) water deficits isolated in each growth period; (ii) in two of the periods, (iii) in all (three) growth periods. The water deficit was imposed by supplying to the soil only half of water applied to the treatment without deficit, when the matric applied to the treatment without deficit, when the matric water potencial was -0,02 MPa. The soil water balance was periodically calculated, to estimate the maximum(ET_m) and the actual(ET_a) evapotranspiration.

The yield response was correlated to the relative evapotranspiration deficit $(1 - ET_a/ET_m)$ by the sensibility coefficient

$y = (1 - y_a/y_m)/(1 - ET_a/ET_m)$, where y_a is the actual yield obtained in the treatment continuously without water deficit.

The results allowed the following conclusions: a) The tuber initiation period showed the greatest sensitive to water stress when this occurred in only one period; b) when the water deficit was applied in two periods, the most sensitive situation were the tuber initiation and the tuber development; c) the obtained values of K_y for each growth period were greater than those given by DOORENBOS and KASSAM (1979) and had the following decreasing order : tuber initiation, tuber development, and vegetative periods; d) the crop coefficient varied with the method used to estimate the reference evapotranspiration; in general, the obtained values were lower than those suggested by DOORENBOS and KASSAM; e) water deficits affected the total yield and the number of tubers per plant; f) the tuber size was affected by the water stress period; the largest percentage of big tubers were observed in the treatments that didn't undergo water deficits in the tuber development period.

1. INTRODUÇÃO

A cultura da batata ou batatinha, *Solanum tuberosum* L., originária dos altiplanos dos Andes, provavelmente do Peru, Bolívia e Equador, é considerada a quarta fonte de alimento para a humanidade, perdendo apenas para o trigo, arroz e milho. Sendo um alimento por excelência, é, portanto, recomendável que entre, sempre que possível, na dieta alimentar da população.

No Brasil, por possuir regiões microclimáticas propícias para a cultura da batata, esta pode ser produzida durante quase o ano todo. A área plantada está estimada em 156916 ha/ano, produzindo aproximadamente 2134807 toneladas/ano, com rendimento médio de 13605 kg/ha. É produzida em todos os Estados das regiões Sul e Sudeste, e no Nordeste destacam-se os estados da Bahia, Sergipe e Paraíba, sendo os cinco maiores estados produtores São Paulo, Distrito Federal, Minas Gerais, Bahia e Espírito Santo. O Estado de São Paulo cultiva cerca de 26740 ha/ano, que representa cerca de 17,1% da área plantada e 25,6 % da produção nacional (ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL, 1990). A produtividade média do Estado é de cerca de 20,4 t/ha, apesar de ser a mais alta do país, está abaixo da produção média alcançada por muitos países produtores, cujos rendimentos superam 30 t/ha (BITTENCOURT et al., 1985).

É fato reconhecido que a produção eficiente e altos rendimentos de uma espécie vegetal depende, além do potencial genético, das condições climáticas, edáficas e de cultivo. Referente as condições climáticas, a disponibilidade hídrica tem efeito sobre a cultura, pois a falta d'água pode

afetar tanto o desenvolvimento quanto a produtividade e a qualidade da produção. Entretanto, o conhecimento apenas da necessidade total d'água pela cultura, não implica num eficiente manejo da irrigação. É imprescindível o conhecimento das necessidades hídricas da cultura nos diferentes estádios ou fases fenológicas do seu ciclo, e a sua importância em cada estágio para assim identificar em caso de falta, qual fase afeta mais a produtividade da cultura.

A redução no rendimento das culturas, ocasionadas por deficiências hídricas, tem despertado a atenção dos pesquisadores, tanto no Brasil como em outros países. Em muitas vezes realizam estudos para quantificar e identificar melhor os efeitos do déficit hídrico nos diferentes estádios fenológicos das culturas.

Segundo CUNHA e BERGAMASCHI (1992), o conhecimento dos períodos críticos do desenvolvimento das culturas possibilita a adoção de práticas de manejo que visam à otimização da irrigação. A otimização das irrigações é alcançada através da aplicação da lâmina de irrigação certa e no estágio da cultura que apresenta maior potencial de resposta.

Na presente pesquisa, teve-se por objetivo geral estudar o comportamento do cultivar de batata Monalisa, quando submetida a regime de déficit hídrico por estádios fenológicos, visando a quantificação da produtividade e subsídios a um adequado regime de irrigação.

Além do objetivo geral, pretendeu-se atingir os seguintes objetivos específicos:

1. Determinação do coeficiente de cultura da batata em condições ideais de umidade no solo;
2. Determinação do fator de sensibilidade da batata ao déficit hídrico K_y nos estádios isolados e no ciclo total da cultura, usando o modelo sugerido por DOORENBOS e KASSAM (1979), e,
3. Avaliar o efeito dos regimes de deficiência hídrica na produção de tubérculos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O efeito do estresse hídrico nos estágios fenológicos da batata

A utilização de complementação hídrica em olerícolas é uma necessidade mesmo na estação chuvosa, visto que são culturas bastante suscetíveis à déficits hídricos, ocasionados pela distribuição irregular de chuvas. O uso da irrigação é uma prática favorável ao aumento da produtividade das hortaliças.

A disponibilidade da água no solo é um dos fatores ambientais que tem efeito mais marcante no desenvolvimento da cultura da batata. O crescimento e o rendimento são sensíveis ao estresse hídrico (HARRIS, 1978 e LOON, 1981). Esta maior sensibilidade se deve, entre outros fatores, ao sistema radicular muito superficial; portanto, são aconselhadas irrigações leves e frequentes (BARRETO, 1974). O excesso de umidade provoca o apodrecimento dos tubérculos e o déficit de umidade no solo determina a redução ou o retardamento do desenvolvimento da planta com sérios prejuízos para a produção.

A disponibilidade ou escassez de água, tem maior ou menor efeito sobre a cultura, dependendo do estágio de desenvolvimento em que ela se encontra. KLEINKOPF (1983) dividiu o ciclo da batata em quatro estádios distintos, baseados na morfologia da planta e desenvolvimento dos tubérculos. O primeiro estágio, vegetativo, estende-se desde o desenvolvimento inicial da planta até o início da tuberização, varia de 30 a 60 dias, dependendo do cultivar e das condições ambientais. O segundo estágio, tuberização,

corresponde ao início da formação dos tubérculos e estende-se por 15 dias após o estágio anterior. O terceiro estágio, desenvolvimento dos tubérculos, inclui o período do crescimento dos tubérculos em tamanho até próximo a maturação. O último estágio, maturação, tem duração de 10 a 24 dias e é caracterizado pela senescência das plantas. Em cultivares precoces a maturidade ocorre 90 a 100 dias após o plantio, enquanto em culturas tardias, de 150 a mais dias.

A necessidade de identificar o período crítico das culturas irrigadas tem sido uma constância para muitos pesquisadores, pois a deficiência da água é, freqüentemente, o fator mais limitante para obtenção de altos rendimentos em batata. STRUCHETEMEYER (1961), em pesquisa conduzida em Orono, México, apresenta os resultados de um experimento sobre o efeito do estresse hídrico sobre a batata. Ele encontrou que o rendimento reduziu-se em 30 a 85% com o decréscimo da água disponível do solo. Observou que o déficit aplicado nos estádios final da tuberização e desenvolvimento dos tubérculos, reduziu mais o rendimento do que quando aplicado durante os estádios vegetativo e início da tuberização. Mesmas observações foram feitas por SALTER e GOODE (1967), afirmando que a batata requer bom suprimento hídrico desde o início da tuberização até a maturidade.

Pesquisas desenvolvidas posteriormente em diversas partes do mundo com a batata mostraram resultados diferentes com relação ao período crítico para a cultura ao estresse hídrico. LIS et al. (1964), em trabalho de campo, avaliaram o efeito de estresse hídrico em seis estádios fenológicos do cultivar White Rose, em Mendonça, Argentina e concluíram que, com exceção do estágio de estabelecimento da cultura, definido com o aparecimento da primeira folha em mais de 50% das plantas, o estresse nos outros estádios posteriores causou redução na produção. Os estádios de estolonização e início da tuberização foram considerados os mais críticos com redução na produção de 38 e 43%, respectivamente, em relação ao tratamento sem déficit.

NELSON e HWANG (1975) afirmam que o uso da água pela cultura da batata aumenta durante o estágio vegetativo e tuberização, atinge o pico no início do estágio de desenvolvimento dos tubérculos e permanece relativamente estático durante este estágio, reduzindo em seguida na maturação.

SINGH et al. (1975), em New Delhi, estudando o efeito de quatro tratamentos de irrigação aplicados apenas no estágio de tuberização da batata, observaram redução no rendimento quando se deixava de aplicar uma lamina de irrigação no início deste estágio, comparado com o tratamento sem suspensão de irrigação. A aplicação de apenas uma lamina de irrigação neste estágio também aumenta o rendimento, quando comparado com o tratamento sem irrigação. Também em New Delhi, HUKKERI et al. (1975), trabalhando com três tensões da água do solo (0,05; 0,07 e 0,09 MPa) medidas com tensiômetros de mercúrio à 22,5 cm de profundidade, nos estádios fenológicos da batata de estolonização, tuberização e desenvolvimento dos tubérculos, constataram que os estádios de estolonização e início da tuberização são os mais críticos para a cultura e requerem irrigações suplementares. A máxima eficiência de uso da água foi obtida nas irrigações realizadas até 0,05 MPa, durante a estolonização e desenvolvimento dos tubérculos e até 0,03 MPa na fase de tuberização.

SCALOPPI e SCARDUA (1975) apresentaram os resultados do estudo com o cultivar Bintje, irrigadas nas tensões da água do solo de 0,05 ; 0,1 e 0,5 MPa, nos estádios vegetativo, tuberização e formação dos tubérculos. Seus resultados revelaram uma maior suscetibilidade da cultura à redução da umidade do solo durante a tuberização. Potencial de -0,1 MPa no estágio vegetativo não afetou significativamente a produção, porém de -0,5 MPa contribuiu para diminuir a produção e a eficiência de utilização da água pela planta. A redução da umidade no estágio de formação dos tubérculos não afetou o rendimento da batata.

PAINTER e AUGUSTINE (1976), em Idaho, afirmaram que o estresse hídrico durante o início do desenvolvimento dos tubérculos no cultivar Russet Burbank, aumentou o número de tubérculos indeformados , mas não afetou o rendimento dos tubérculos.

Comparada com outras culturas, a batata é muito sensível ao estresse hídrico. O déficit hídrico durante o início de tuberização e enchimento dos tubérculos têm sido apontado como causa substancial para redução no rendimento e na qualidade dos tubérculos (HARRIS, 1978 e DOORENBOS e KASSAM, 1979).

HUKKERI e SHARMA (1979), conduziram na Índia, um trabalho com o cultivar Kufri Chandramukhi, sob quatro tensões da água do solo (0,03; 0,04; 0,05 e 0,07 MPa) distribuídas nos seguintes estádios fenológicos ; estolonização, início da tuberização e desenvolvimento dos tubérculos. Os tratamentos irrigados foram 12, sendo que para os tratamentos 1 e 12 os níveis de estresses foram feitos sempre nas tensões de 0,03 e 0,04 MPa, respectivamente, nos três estádios. Nos tratamentos 2 a 11, os níveis de estresses foram de 0,05 a 0,07 MPa, aplicados uma ou duas vezes nos três estádios da batata. Os resultados mostraram que a batata não requer atendimento da evapotranspiração máxima em todo os estádios. Para os estádios estolonização e início da tuberização o intervalo entre irrigações pode ser de 6 a 7 dias e no estádio de desenvolvimento dos tubérculos de 13 a 15 dias. Indicaram, também, que a batata tolera dois ciclos de estresse leve (0,05 MPa) ou 1 ciclo de estresse moderado (0,07 MPa) no estádio de desenvolvimento dos tubérculos em adição a 1 ciclo de estresse leve na estolonização. Não houve diferenças entre os tratamentos submetidos a tensões de 0,03 e 0,04 MPa, durante todo o estádio de desenvolvimento da batata.

DAR e ROSÁRIO (1981), em Los Baños, Filipinas, investigaram o efeito dos estresses hídricos sobre três cultivares de batata (Alpha, Red

Pontiac e Cosima), aplicados apenas 30 dias após o plantio (Tratamento 1) ; 45 dias após o plantio (Tratamento 2) ; 60 dias após o plantio (Tratamento 3) e 30, 45 e 60 dias após o plantio (Tratamento 4). O estresse era imposto até o momento em que as plantas manifestavam sinais de murcha, através da depleção de umidade do solo. Constataram reduções no rendimento dos tubérculos comerciáveis com a imposição do estresse em qualquer estágio da cultura. Maiores reduções foram de 18 e 46,8% nos tratamentos 1 e 4, em relação ao controle, sem estresse, respectivamente. O rendimento total dos três cultivares diferiram significativamente. O cultivar Red Pontiac apresentou maior rendimento em relação as outras duas, possivelmente devido a presença de algum mecanismo de tolerância à seca apresentado por este cultivar.

LARSEN (1982), em trabalho realizado em Idaho, durante 1980 e 1981, para avaliar a resposta de três cultivares de batata (Russet Burbank, Lemki e Nooksack) a estresses aplicados nos estádios início da tuberização, enchimento dos tubérculos e maturação revelaram que o estresse é mais prejudicial no estágio enchimento dos tubérculos. Os três cultivares tiveram comportamento semelhante frente ao estresse. Entretanto, o cultivar Russet Burbank foi mais afetada que os outros dois cultivares.

MILLER e MARTIN (1987) , em Washington, trabalhando com três cultivares (Russet Burbank, Nooksack e Lemhi), irrigadas com lâminas reduzidas gradualmente nas últimas semanas do estágio vegetativo e com suspensão das irrigações por 10 dias nos estádios início da tuberização e enchimentos dos tubérculos, observaram que o cultivar Russet Burbank foi mais sensível ao estresse. Tanto o rendimento total como a percentagem dos tubérculos da classe US Nº 1 foram reduzidos com o estresse. A suspensão da irrigação no início da tuberização foi mais prejudicial.

JANA et al. (1989), trabalharam durante 1980 e 1982 com a cultura da batata sujeita a diferentes combinações de 4 níveis de tensão da água do solo (0,03 ; 0,05 ; 0,07 e 0,09 MPa) durante os períodos (a) plantio a início do enchimento dos tubérculos; (b) início a final do estágio enchimento

dos tubérculos e (c) final do estágio de enchimento dos tubérculos a maturação. Os maiores rendimentos foram obtidos na tensão da água do solo de 0,03 MPa, em ambos os anos. O estresse de umidade do solo, equivalente a tensão de 0,05 MPa, aplicado nos períodos (a) e / ou (b) reduziu o rendimento e quando aplicado no período (c) não afetou significativamente o rendimento da batata.

De acordo com OJALA et al. (1990), o rendimento da batata é sensível a período curto de déficit hídrico, durante desenvolvimento dos tubérculos. Déficit mais longo deve ser evitado na metade do estágio de desenvolvimento dos tubérculos ou distribuídos uniformemente em todo estágio de desenvolvimento dos tubérculos. Encontraram rendimento máximo para o cultivar Russet Burbank, com o aplicação total de água no ciclo de 590mm.

STARK e McCANN (1992) , em Aberdeen, Idaho, analisaram o comportamento do cultivar Russet Burbank, sujeita aos déficits de 20 e 40% da evapotranspiração (ET), distribuídos em três períodos do estágio de formação dos tubérculos, início (I), meio (M) e final (F), nas sequencias IM, IF, MF e IMF. Constataram que os tratamentos irrigados com lâmina igual a 60%ET apresentaram as menores produções em relação aos tratamentos irrigados com 80 e 100% da ET. As sequências de estresse IM e MF tiveram maiores reduções no rendimento total e no número de tubérculos da classe US Nº 1, enquanto a sequência IF apresentou menor redução, em ambos os tratamentos de déficit comparado, com o sem déficit. Concluíram que o cultivar estudado é mais sensível ao déficit de ET imposto durante a metade do estágio de formação dos tubérculos.

2.2. O efeito do nível de água e frequência de irrigação sobre a produtividade da batata.

São inúmeros os trabalhos que afirmam que a batata é uma

cultura que tem seu desenvolvimento e rendimento intensamente influenciado pelo estado de energia da água do solo. Irrigações realizadas quando a tensão da água do solo está entre 0,025 a 0,030 MPa, à 22,5 cm de profundidade no solo, durante o período de desenvolvimento resultam no máximo rendimento da batata (JONES e JOHNSON, 1958 ; BHATTACHARJEE, 1960 ; HUKKERI e MOOLANI, 1965 ; TIMM e FLOCKER, 1966 ; SINGH et al. , 1968 ; YADAV e TRIPATHI, 1973 e HUKKERI et al., 1975).

ROBINS e DOMINGO (1956), em três experimentos conduzidos no Estado de Washington com o cultivar Russet Burbank sujeita a doze graus de estresse, constataram maiores reduções na classe de tubérculos US Nº 1 (17 a 58%) do que do rendimento total (6 a 30%). O estresse hídrico quando imposto no início para o meio da fase de desenvolvimento da cultura aumentou a incidência de tubérculos defeituosos.

Trabalhando com a batata irrigada por sulcos, sendo as irrigações feitas em sulcos alternados e contínuos, e sob as tensões da água do solo de 0,08 e 0,3 MPa, BOX et al. (1963), verificaram que o rendimento e a qualidade dos tubérculos aumentaram quando as irrigações foram realizadas na tensão de 0,08 MPa e em sulcos contínuos. A lamina total aplicada no ciclo da batata variou de 367,5 mm a 592,8 mm, para a maior tensão em sulcos alternados e menor tensão em sulcos contínuos, respectivamente.

SINGH et al. (1968) estudaram por três anos na Índia, o desenvolvimento e a produção da batata sob três diferentes faixas de regimes de tensão da água no solo(0,02 a 0,03 MPa; 0,045 a 0,055 MPa e 0,06 a 0,07 MPa). As irrigações feitas nas faixas de tensões mais baixas apresentaram maiores produções. Os picos de máximo consumo de água ocorreram na fase de tuberização e foram de 4,7; 3,5 e 2,9 mm/dia, nas faixas de tensões de: 0,020 a 0,030 MPa; 0,045 a 0,055 MPa e 0,060 a 0,070 MPa, respectivamente. E as evapotranspirações totais no ciclo foram 320, 287 e 280 mm, respectivamente.

A resposta da batata para irrigação tem sido estudada há muitos anos. SINGH (1969) apresenta uma revisão feita em 35 trabalhos, de 1920 a 1968, sobre a influência da umidade do solo no rendimento e qualidade dos tubérculos da cultura da batata. Concluiu que umidade no solo deve ser mantida acima de 50% da água disponível, em todos estádios de desenvolvimento da cultura, para alcançar altos rendimentos.

VIEIRA (1971) apresenta os resultados do experimento com o cultivar Delta A , em Viçosa - Minas Gerais, irrigada por aspersão e gotejo sob cinco níveis de irrigação, sendo três definidos em função da água disponível do solo (20; 50 e 80% AD) e os outros dois com irrigação pré-determinada . Seus resultados permitiram concluir que o peso médio e o número de tubérculos aumentaram com a irrigação. Os níveis de umidade mostraram ser mais importante que o método de irrigação. A lâmina total aplicada variou de 166 a 454 mm no ciclo total , para os níveis de 80 e 20% AD, respectivamente. Constatou maior necessidade de água para a cultura no estádio de formação dos tubérculos.

SEGÓVIA et al. (1972), trabalhando com quatro freqüências de irrigação (4, 8, 12 e 16 dias), em dois sistemas de plantio (sulcos e ao nível do solo), observaram que o melhor sistema de plantio foi em sulco com freqüência de irrigação de 4 dias. Os aumentos na produtividade foram de 33,1; 20,4 e 8,51% nas freqüências de 4, 8 e 12 dias, em relação a freqüência de 16 dias, respectivamente. No sistema de plantio ao nível do solo houve maior produção de tubérculos esverdeados.

DUBETZ e KROGMAN (1973) comparam três maneiras para programar irrigação na cultura da batata: a) padrão: irrigava quando as plantas apresentavam sintomas visuais de estresse; b) armazenamento do solo: irrigava quando aproximadamente metade da água disponível do solo, até a profundidade de 1,2 m, fosse consumida e c) tensiômetro: irrigava quando a tensão da água do solo fosse 0,04 MPa. Constataram que a irrigação baseada no tensiômetro apresentou maiores rendimentos , em média 34,7 t/ha , que o

padrão (28,6 t/ha) e o armazenamento do solo (31,9 t/ha). Concluíram que o tensiômetro até 0,3 m de profundidade, pode ser usado satisfatoriamente para irrigação por todo o período de desenvolvimento da batata e o armazenamento da água do solo até 1,2 m só foi satisfatório para batata a partir da metade do ciclo da cultura.

DANTUR et al. (1973) trabalharam na Estação Experimental Agrícola de Tucumán, Argentina, por dois anos consecutivos (1971 e 1972) com o cultivar White Rose, onde as irrigações foram realizadas sempre quando 25, 50 e 75% da água disponível era consumida pela planta. Os maiores rendimentos foram obtidos nos tratamentos com 25% da água consumida, porém em termo comerciável, as irrigações feitas a nível de 50% da água disponível são indicadas, devido à baixa qualidade do tubérculos obtida com irrigações mais frequentes. Os autores aconselharam para este ciltivar, que as irrigações sejam feitas sempre que a umidade disponível do solo descer a níveis de 46 a 48% na camada de 0 a 40 cm do solo, durante todos os estádios de desenvolvimento.

YADAV e TRIPATHI (1973), em Nova Delhi, pesquisando três regimes de irrigação em batata, cultivar K122, constataram aumento na produção com o aumento da disponibilidade da água do solo. Em média, os aumentos nos rendimentos dos tubérculos em regimes de 75 e 50% da água disponível (AD) do solo em comparação ao regime de 25% de água disponível foram de 33,77 e 13,82%, respectivamente. A eficiência do uso da água manteve-se alta, em ambos períodos de estudo, sendo os maiores valores de 0,950 e 1,131 q/ mm.ha, ocorridos nos regimes de 50 e 75% AD, nos períodos 1966/67 e 1967/68, respectivamente. A evapotranspiração total da cultura foi de 390,9; 325,9 e 282 mm durante 1966/67 e 300,2; 278; 282 mm durante 1967/68 nos regimes de 75; 50 e 25% AD, respectivamente.

SCALOPPI et al. (1975), em Botucatu, SP, analisaram o comportamento do cultivar Aracy, irrigada por sulcos com cinco níveis mínimos médios de água disponível no solo (10; 35; 60; 75 e 90 % AD) e cinco níveis de

adubação. Constataram decréscimo na produção de tubérculos com a redução da água disponível do solo. Concluíram que as irrigações feitas a níveis inferiores a 60% da água disponível reduz sensivelmente a produção de tubérculos, devido a redução da condutividade hidráulica do solo e, conseqüentemente déficit da água na planta. Concluíram, também, que o efeito da adubação parece estar diretamente relacionados com os regimes de umidade do solo proporcionados à cultura. Os autores em sua revisão de literatura, cita que de acordo com Stockton¹, a irrigação na cultura da batata feita com valores de tensão da água do solo inferiores a 0,04 MPa, pode reduzir a produção e a qualidade dos tubérculos devido, provavelmente, à restrição da aeração do solo em condições de elevados teores de umidade do solo.

PHENE e SANDERS (1976) obtiveram aumento na produção da batata quando o potencial da água do solo, à 17 cm de profundidade, se manteve durante o ciclo da cultura, em média e desvio de $-0,017 \pm 0,006$ MPa, respectivamente.

SAMMIS (1980), em pesquisa conduzida em Las Cruces, no Novo México, durante três anos consecutivos (1975 a 1977), utilizando quatro métodos de irrigação em batata, irrigando quando o potencial matricial da água do solo atingia $-0,02$ e $-0,06$ MPa, encontrou o maior rendimento, médio dos três anos, de 43,2 toneladas/ha, no tratamento de potencial de $-0,02$ MPa no método subsuperficial. Os maiores valores da eficiência de uso da água foram obtidos nos métodos de gotejamento ($1,266$ t/(cm.ha)) e subsuperficial ($1,069$ t/(cm.ha)) no potencial de $-0,02$ MPa, em relação aos outros métodos (aspersão e sulcos).

Nas Filipinas, ZAAG e DEMAGANTE (1981) irrigando a cultura

¹ STROCKTON. J. R. Potato irrigation studies. In : **National Potato Utilization Conference**, 11., 1962.

da batata pelos métodos de irrigação por aspersão e gotejo, nas freqüências de 4, 8 e 12 dias, com e sem cobertura morta no solo, obtiveram rendimentos entre 27 e 28 t/ha no tratamento irrigado com freqüência de 4 dias. Os turnos de 8 e 12 dias não diferiram entre si. A cobertura morta foi significativa para as freqüências 8 e 12 dias, mas não para a freqüência de 4 dias. A evapotranspiração máxima estimada foi de 282 mm, indicando perdas de 25% para irrigação por gotejo e de 47% para o sistema de aspersão. O uso eficiente da água foi de 60%, com aproximadamente 17 mm de água para produzir 1 toneladas/ha de batata.

MILLER e MARTIN (1983), em estudo realizado no estado de Washington, em dois tipos de solo, com o cultivar Russet Burbank irrigada por um sistema de aspersão, com variação da lâmina de irrigação de 13 a 117% de evapotranspiração estimada, encontraram resultados variáveis com o tipo de solo. No solo franco, a produção de tubérculos aumentou com a água aplicada até o equivalente de 40 a 50% da evapotranspiração e diminuíram o rendimento e a percentagem de tubérculos da Classe US Nº 1, com lâminas de irrigação acima de 80% da evapotranspiração. No solo arenoso, tanto o rendimento como a percentagem de tubérculos da Classe US Nº 1 aumentaram como o aumento da lâmina de irrigação até 100 e 80% da evapotranspiração, respectivamente. Concluíram que em solo franco, altos rendimentos serão alcançados com lâminas de irrigação consideravelmente inferiores à evapotranspiração calculada, porém estas reduções diminuirão o rendimento e a qualidade dos tubérculos em solo arenoso. Posteriormente, HANG e MILLER (1986), confirmaram os resultados dos autores acima, afirmando que em solo arenoso a lâmina de irrigação para a batata deve ser aproximadamente 100% da evapotranspiração máxima estimada, para se evitar redução na produção e qualidade dos tubérculos. Lâminas de irrigação acima de 100% da evapotranspiração não aumentaram a produção e nem a qualidade dos tubérculos.

BURGERS e NEL (1984) afirmaram que alta frequência de irrigação aumenta, consideravelmente, os rendimentos de tubérculos de batata e recomendam lâmina de irrigação de 50 mm, no início da estolonização, logo que tenha evaporado do tanque "Classe A " 50 mm de água em solo sem cobertura morta e 65 mm em solo com cobertura, como manejo de irrigação para alcançar rendimento máximo de tubérculos.

LARSEN (1984) obteve produção máxima da batata, cultivar Russet Burbank, quando o déficit hídrico, entre duas irrigações, permaneceu abaixo de 35% da água disponível do solo durante todo os estádios de desenvolvimento, exceto na maturação.

SOOD (1986), irrigando batata na tensão da água do solo entre 0,4 a 0,5 atm, medidas a 15 cm de profundidade, correspondendo a um consumo de água disponível de aproximadamente 50% da CAD, obteve aumento na produtividade da batata como o aumento da disponibilidade da água do solo com irrigação e cobertura morta.

LEVY (1986), irrigando nove cultivares e um clone de batata, com um sistema de irrigação por aspersão " Line Source " nas estações verão e primavera de Israel, durante os anos 1981 e 83, constatou perdas nos rendimentos totais de tubérculos de 0 a 47% e de 2 a 52% nos estresses moderado e severo, respectivamente, em relação ao tratamento sem estresse. Entre os cultivares estudadas, a Monalisa foi suscetível ao estresse hídrico severo na primavera, tendo perda no rendimento de 43,8 % .

MILLER e MARTIN (1987) afirmaram que o estresse hídrico associado geralmente com turno de regas de 4 em 4 dias na cultura da batata em solo arenoso, pode ser evitado pela subsolagem, que permitirá aprofundamento e distribuição radicular na zona de extração da água do solo.

ISLAM et al. (1990), irrigaram em Joydebpur, Bengladesh, o cultivar Cardinal durante as estações secas de 1986/87 e 1987/88. O controle das irrigações foi baseado na depleção da água disponível do solo (AD) de 40;

60 e 80% . Os melhores rendimentos foram obtidos quando 40% da água disponível era consumida. A produtividade média para ambos anos foi de 22,3 t/ha e estatisticamente diferentes das outras duas condições (15,8 e 16,2 t/ha para depleção de 80 e 60% AD, respectivamente). A evapotranspiração média variou de 1,0 a 5,1 mm/dia para o tratamento irrigado com 60% AD e de 1,0 a 4,6 mm/dia para os tratamentos irrigados com 40 e 20% AD. As eficiências de uso da água foram de 36,7; 54,1 e 68,0kg.ha⁻¹.mm⁻¹, para as depleções de 80, 60 e 40% AD, respectivamente.

MILLER e MARTIN (1990), trabalhando com os três cultivares Norgold Russet, HiLite Russet e Russet Norkotah em solo arenoso sob os seguintes tratamentos de irrigação : irrigação diária, com lâmina de irrigação igual a evapotranspiração estimada; irrigação de 4 em 4 dias; irrigação diária com interrupção durante uma semana no início da tuberização e irrigação diária com interrupção durante uma semana no estágio de desenvolvimento dos tubérculos, observaram que todos os cultivares alcançaram altos rendimentos com irrigação diária e baixos rendimentos quando a irrigação foi interrompida na fase de desenvolvimento dos tubérculos.

TREBEJO e MIDMORE (1990), estudando o efeito de graus de estresses em três clones de batata (LT1 ; DT033 e Revolución) promovidos por um sistema de aspersão " Line Source ", nas estações verão e inverno de Lima, Peru, observaram que o tratamento que sofreu maior estresse, recebeu em média, 20 e 35% menos água que o tratamento sem déficit, resultando em redução de 20 e 52% do rendimento nas estações inverno e verão, respectivamente. O coeficiente de conversão, estimado pela relação entre produção e radiação solar interceptada, foi marcadamente baixa no verão, sendo menor nas parcelas que sofreram estresses (0,95 g / MJ) que na sem estresse (1,74 g / MJ). A eficiência de uso da água foi em média de 0,66 e 2,52g.m⁻².mm⁻¹ nas estações inverno e verão, respectivamente. Os valores máximos dos coeficientes de cultura ocorreram 60 dias após o plantio,

coincidindo com o completo fechamento da cobertura foliar, e foram 0,95 e 1,13 nas parcelas sem estresses e nas estações inverno e verão, respectivamente.

STEYN et al. (1992), em Pretoria, África do Sul, irrigando o cultivar Up-to-date, a níveis de depleção da capacidade de água disponível (CAD) de 20, 50 e 70%, obtiveram alto rendimento dos tubérculos na frequência de irrigação do regime de depleção de 20% CAD e baixo rendimento no regime de depleção de 70% CAD. O maior valor do uso eficiente da água foi alcançado no regime de depleção de 50% e de uso de água no regime de 20%.

KINCAID et al. (1993), em Idaho, por três anos consecutivos (1987, 88 e 89) irrigaram o cultivar Russet Burbank em duas frequências de irrigações (1 e 3 irrigações / semana) e três lâminas de irrigação (ETa, ETa + 20% e ETa - 20). Verificaram que os rendimentos não foram afetados significativamente nas frequências e nas lâminas aplicadas. A frequência de irrigação teve maior influência sobre a qualidade dos tubérculos.

Depois de analisarem amplamente os efeitos do estresse hídrico sobre as atividades fisiológicas na cultura da batata, EPSTEIN e GRANT (1973) concluíram que o estresse hídrico em planta de batata se manifesta quando o potencial da água do solo é inferior a -0,25 atm e que o tubérculo e a parte aérea das plantas respondem de maneira semelhantes ao potencial da água do solo, pois variação no potencial da água do tubérculo corresponde a variação no conteúdo relativo da água das folhas da batata. Posteriormente, GANDAR e TANNER (1976), verificaram, em condições de campo e de casa de vegetação, que o crescimento das folhas e dos tubérculos de batata é afetado pelo potencial da água da folha e que o mesmo cessa quando o potencial decresce a -4 e -5 bar.

ACKERSON et al. (1977) afirmam que os processos fisiológicos da batata são extremamente relacionados ao potencial da água da folha e que

a relação entre estresse e processos fisiológicos, além da inabilidade do potencial da água da folha em responder a aumento do potencial da água do solo, após um estresse máximo explica parcialmente a extrema sensibilidade da batata a estresse hídrico, mesmo moderado. Também estudando os processos fisiológicos da batata ao estresse hídrico, LOON (1981), observou que a redução do rendimento da batata devido ao estresse hídrico foi causado pela redução da área foliar e/ou redução da fotossíntese por unidade de área. Concluiu que o estresse é mais prejudicial no estágio de desenvolvimento dos tubérculos, pois a redução no rendimento foi maior que em outro estágio.

SCALOPPI e FERRAZ (1978), em pesquisa conduzida em Botucatu, São Paulo, com o cultivar Bintje, submetido a três níveis de tensões da água do solo, de 0,05; 0,1 e 0,5 MPa durante três estádios fenológicos, concluíram que a ocorrência de tensões de 0,1 e 0,5 MPa no estágio vegetativo provocou redução no crescimento da cultura de 34 e 80% em relação a tensão de 0,05 MPa, respectivamente. Entretanto, o restabelecimento de condição mais adequada de umidade do solo no estágio de tuberização, promoveu uma recuperação parcial do crescimento. A ocorrência de déficit mais severo neste estágio, não recuperou a taxa de crescimento das plantas e no estágio de desenvolvimento dos tubérculos contribuiu para antecipar a senescência das plantas. Ficou evidenciado que os processos que determinam o crescimento das plantas de batata parecem ser afetados desigualmente pela redução da umidade do solo.

HANG e MILLER (1986) apresentaram os resultados de dois anos de estudo (1979 e 80), envolvendo lâminas de irrigação sobre a performance da batata. Observaram diferenças morfológicas visíveis nas plantas nas primeiras duas semanas após iniciado os tratamentos. Os déficits nas baixas irrigações foram suficientes para causar redução no desenvolvimento e crescimento das plantas. A taxa de crescimento dos tubérculos aumentou de 2,62 a 17,63 g. m⁻².dia⁻¹ com a variação da lâmina

aplicada de 18 a 115% da evapotranspiração, respectivamente.

3.3. Necessidade de água da batata , coeficientes de cultura e fator de sensibilidade ao estresse (Ky).

A necessidade de água na cultura da batata é bastante variável, dependendo principalmente, de condições climáticas. DOORENBOS e KASSAM (1979) afirmam que a necessidade de água da cultura se expressa normalmente pela taxa de evapotranspiração, e que depende das condições meteorológicas, da disponibilidade hídrica no solo e da cobertura vegetal do terreno.

O termo evapotranspiração é definido como processo pela qual a água é evaporada das superfícies úmidas e transpirada pelas plantas. É usada de maneira bem ampla em toda parte do mundo. Muitas vezes é interpretado erradamente, gerando controvérsia e confusão. Burman et al.¹, citados por VAUX et al. (1981), por exemplo, definem evapotranspiração como o processo em que a água disponível é evaporada da superfície do solo e das plantas. Portanto, o processo envolve evaporação da água do solo e das plantas e transpiração da água pela planta.

A evapotranspiração de uma cultura é função das diferentes condições de disponibilidade hídrica e cobertura vegetal. Assim, pode ser definida: evapotranspiração potencial (ETp); evapotranspiração de referência (ETo); evapotranspiração máxima (ETm) e evapotranspiração real (ETa). A evapotranspiração potencial refere-se a água transferida para a atmosfera por

¹ BURMAN, R.B.; NICKSON, P. R.; WRIGHT, S.R. ; PRUTT, W. O. Water requirements.. In: JENSEN, E. G. **Design and operation de farm irrigation systems**. ASAE, monograph, N. 3, 1980. chapt. 6, p. 187 - 232.

evaporação e transpiração de uma superfície extensa e completamente coberta de vegetação de porte baixo, sob condições de suprimento ideal de água; evapotranspiração de referência (ET_o) tem a mesma definição de evapotranspiração potencial, mas a vegetação definida é a grama batatais (*Paspalum notatum* Flügge). DOORENBOS e KASSAM (1979), definiu evapotranspiração de referência como a taxa de evapotranspiração de uma superfície extensa, coberta de grama verde com 8 a 15 cm de altura, em pleno crescimento ativo, cobrindo totalmente o terreno e sem restrição de umidade do solo. Evapotranspiração máxima refere-se à evapotranspiração de uma cultura em qualquer condição de crescimento e desenvolvimento, mas sob condições ideais de suprimento hídrico. Evapotranspiração real, refere-se a evapotranspiração de uma cultura sob qualquer condição existente de disponibilidade hídrica e de cobertura vegetal do solo.

Segundo VILLA NOVA (1983), o valor da evapotranspiração máxima é relativo a um estado de umidade do solo, no qual a cultura não tem limitação de água (ET_a = ET_m). Entretanto, quando a água disponível do solo é limitada, a evapotranspiração máxima, se mantém até que a fração p da água disponível do solo seja consumida. A fração p, que representa a fração de esgotamento da água disponível do solo em que ET_a < ET_m, depende de como a cultura está classificada dentro de quatro grupos padrões relativos ao grau de demanda de água apresentada por DOORENBOS e KASSAM (1979). Segundo os autores, a batata faz parte do grupo de culturas 1, consideradas mais suscetíveis à deficiência hídrica.

A literatura estrangeira e brasileira apresenta vários trabalhos com as culturas de importância econômica nas mais diversas regiões do mundo, que tem como objetivos quantificar estes parâmetros definidos, através de medições diretas no campo e do emprego de fórmulas de várias complexidades baseadas nas medições meteorológicas disponíveis, pois a determinação da evapotranspiração de uma cultura é de grande importância

para planejar e manejar a água em áreas irrigadas. Esta tendência também foi observada com a batata.

ETCHEVERRY e HARDING (1933), analisando os resultados obtidos em 216 experimentos conduzidos em Logan, Utah em solo argiloso e em Gooding, Idaho em solo de textura média pesada, afirmaram que a lâmina de irrigação total por estação requerida para bom rendimento com batata em solo de textura média varia de 152 mm, para situação onde a irrigação é suplementar, para 451,5 a 608 mm onde toda a água necessária a cultura é aplicada pela irrigação.

REBOUR e DELOYE (1971) afirmaram que a evapotranspiração real da cultura da batata, nos estádios vegetativo, tuberização e maturação correspondem a 59, 162 e 76% da evapotranspiração potencial.

SCALOPPI et al. (1978), em Botucatu, São Paulo, analisando os valores de evapotranspiração real (ET_a) do cultivar Aracy com os valores de evapotranspiração potencial (ET_p) estimados pela fórmula de Penman e os dados de radiação solar, constataram que tanto os valores de evapotranspiração potencial como os dados de radiação solar apresentaram elevada correlação com os valores de evapotranspiração real da batata determinados pelo método do balanço hídrico. Entretanto, no período de crescimento inicial da batata a fórmula de Penman superestimou os valores de ET_p em 25 - 30%. No período de máximo desenvolvimento vegetativo, os valores de ET_p estimados aproximaram dos ET_a determinados, exceto quando o potencial matricial da água do solo atingiu valor de -0,2 MPa, o que proporcionou uma redução na intensidade da evapotranspiração. Os valores da relação ET_a / ET_p da cultura para o potencial matricial da água do solo de -0,35 bar foram de 0,74 de 0 a 50 dias após o plantio(DAP); 1,05 de 50 a 80 DAP e 0,81 de 80 a 95 DAP.

Segundo DOORENBOS e KASSAM (1979), para um cultivar de batata com ciclo de 120 a 150 dias alcançar alto rendimento, é necessário de

500 a 700 mm de água, dependendo das condições climáticas. Os pesquisadores apresentam os coeficientes de cultura médios, nos seguintes estádios de desenvolvimento da cultura; no estabelecimento da cultura 0,4 - 0,5 (20 a 30 dias), no estádio vegetativo de 0,7 - 0,8 (30 a 40 dias), estolonização e início da tuberização 1,05 a 1,20 (30 a 60 dias), no desenvolvimento dos tubérculos 0,85 - 0,95 (20 a 55 dias) e na maturação 0,70 - 0,75 (0 a 15 dias).

WOLFE et al. (1983), em Davis, California, apresentaram os resultados do experimento envolvendo seis níveis de irrigação nos dois cultivares Kennebec e White Rose. Seus resultados revelaram que a evapotranspiração total da cultura, através do balanço hídrico variou de 316 a 610 mm para o cultivar Kennebec e 331 a 610 mm para White Rose. Os rendimentos totais para ambos cultivares foram semelhantes e aumentaram com o aumento da evapotranspiração, com exceção do tratamento que recebeu mais água (100% da evapotranspiração) onde se observou ligeiro declínio do rendimento, possivelmente devido a baixa aeração do solo e deficiência de nitrogênio. As maiores produções para os cultivares Kennebec e White Rose foram alcançadas com lâminas de irrigação de 445 e 442 mm, respectivamente.

DOWNES (1983), em condições semi-árida no oeste de Texas, por três anos consecutivos (1980/82), estimou as lâminas máximas para maximização do rendimento da batata variando de 182 a 274 mm para as condições de 0 a 250 kg Na / ha, respectivamente, quando a estação pluvial foi de 311 mm.

HANE e PUMPHREY (1984) apresentam os resultados de experimentos com o cultivar Russet Burbank realizados por dois anos (1980 e 1982) na Columbia. Seus resultados demonstraram que o rendimento e a qualidade dos tubérculos da Classe US Nº 1 aumentaram linearmente com o aumento da evapotranspiração da cultura de 300 para 650 mm. O rendimento máximo ocorreu quando 625 a 650 mm de água foi consumida. O coeficiente da cultura aumentou de 0,3 na emergência para o máximo de 0,8 durante o

período estimado de máxima área foliar e início do enchimento dos tubérculos, declinando gradualmente para nível de 0,5 com a senescência da cultura e maturação.

BITTENCOURT et al. (1985) afirmam que o rendimento da batata é crescente durante todo o ciclo da cultura com lâminas d'água até cerca de 380 mm, enquanto que lâminas superiores a 500 mm, comumente ocasionam queda no rendimento.

CARAZA et al. (1985) determinaram na província Villa Clara em Cuba a evapotranspiração da batata, cultivar Claudia irrigada por aspersão com frequência de 4 a 5 dias. Os valores médios foram de 2,9; 4,3 e 3,8 mm/dia nas fases vegetativa, início de tuberização e desenvolvimento dos tubérculos, respectivamente. O coeficiente de cultura variou de 0,57 no final do ciclo da cultura (maturação) até 1,0 no período de estolonização ou início de tuberização.

MARQUELLI (1987) afirmou que no Centro Nacional de Pesquisas de Hortaliças, utiliza-se dois estádios de desenvolvimento distintos da batata, com respeito ao consumo da água para obter bons rendimento de tubérculos . O primeiro estende-se da brotação aos 40 dias com consumo médio de 2,5 mm/dia e o segundo, dos 40 aos 90 dias, com um consumo de 4,0 mm/dia.

RAB e WILLATT (1987), durante o verão em Bundoora, Australia, irrigando o cultivar Sebago em três intervalos entre irrigações, variando de 5 - 9 dias - tratamento 1; de 12 - 17 dias - Tratamento 2 e 36 dias - Tratamento 3, observaram redução no rendimento na ordem de aproximadamente 60% nos tratamentos 2 e 3 com relação ao tratamento 1. A evapotranspiração da cultura variou de 1,9 a 10,9 mm/dia para o tratamento 1; de 0,6 a 9,4 mm/dia para o tratamento 2 e de 0,4 a 6,1mm/dia para tratamento 3. A evapotranspiração média diária no ciclo total foram 5,4, 3,7 e 2,2 mm/dia para os tratamentos 1, 2 e 3, respectivamente. E os coeficientes de cultura médio para o ciclo foram 0,94, 0,66 e 0,38, respectivamente. A eficiência de uso

da água foi de 0,117; 0,061 e 0,091 t/ha.mm para os tratamentos 1, 2 e 3, respectivamente.

ENCARNAÇÃO (1987), em estudos realizados de abril a julho em Piracicaba, São Paulo, mediu a evapotranspiração do cultivar IAC 5977, em evapotranspirômetros de lençol freático a nível constante. O consumo total de água no ciclo foi de 271,3 mm, com consumo médio diário de 1,7 mm na fase de germinação, 2,3 mm na fase vegetativa, 3,1 mm na fase de floração e formação de tubérculos, 3,4 mm na fase de desenvolvimento dos tubérculos I, 3,7 mm na fase de desenvolvimento dos tubérculos II e 1,4 mm na fase de maturação. Os coeficientes de cultivo foram 0,38; 0,4 , 1,02 e 0,35 nas fases vegetativa, formação dos tubérculos, desenvolvimento dos tubérculos e maturação, respectivamente.

Também em Piracicaba, SP, DUARTE (1989) realizou um ensaio com o cultivar Achat, sob três lâminas totais de água aplicadas em quatro horários distintos, verificando que o horário de irrigação não provocou efeito significativo sobre os parâmetros do desenvolvimento e da produção da cultura. Os maiores rendimentos, em torno de 30 t/ha, ocorreram a níveis entre 600 a 650 mm de lâmina total, incluído 278,1 mm de precipitação pluvial. O consumo de água médio diário estimado para os períodos de 0 - 15, 15 - 40, 40 - 80, 80 - 99 dias e para o ciclo total, foi de 1,5 ; 2,1 ; 4,5 ; 3,06 e 3,2 mm/dia, respectivamente.

Analisando os efeitos dos fatores relacionados à demanda evaporativa (temperatura do ar, pressão de vapor do ar, radiação e velocidade do vento) e a prática de manejo da cultura (intervalo de irrigação e época de semeadura) nos valores do coeficiente de cultura k_c do sorgo, JAGTAP e JONES (1989) constataram que a extrapolação dos valores de k_c de uma condição específica para outra diferente causa erros de grande magnitude. Propuseram fatores de correção necessários para ajuste dos valores de K_c variando entre 0,73 a 1,30, dependendo do clima ou manejo variável que foram

conduzidos a cultura.

FRANKE e KONIG (1994), em Santa Maria, RS, determinaram o coeficiente de cultura (k_c) do cultivar Baronesa nos subperíodos de desenvolvimento da cultura, usando o método do balanço hídrico. Seus resultados permitiram visualizar três fases distintas de exigências hídricas da batata. A primeira caracterizada por menor consumo e com k_c igual a 0,51, abrange a emergência da planta até o aparecimento dos estolões. A segunda fase, revela um aumento acentuado na evapotranspiração e k_c igual a 1,43, compreendendo o início da estolonização até o início da tuberização, é considerada a fase crítica ao déficit hídrico e, finalmente, a última fase, caracterizada pela redução do consumo e declínio do k_c , alcançando na maturação o valor de 0,89.

DOORENBOS e KASSAM (1979) apresentaram o fator de sensibilidade ao estresse hídrico (K_y), definindo-o como uma relação empírica entre a redução do rendimento relativo e o déficit de evapotranspiração, de varias culturas irrigadas, nos diversos estádios de desenvolvimento. Para a cultura da batata, os valores desse coeficiente foram de 0,45; 0,8; 0,7 e 0,2 nos estádios vegetativo, estolonização mais início da tuberização, formação da colheita e maturação. Para o período vegetativo total da cultura K_y foi estimado em 1,1.

SHALHEVET et al. (1983) apresentaram para o cultivar Desiree nas condições árida de Negev, em Israel, as seguintes equações da função de produção na forma do modelo de Stewart e Hagan irrigada por dois sistemas de irrigação.

Aspersão:

$$\frac{y_a}{y_m} = -0,134 + 1,15 \frac{ET_a}{ET_m}, \quad \text{com } r = 0,982$$

Gotejamento:

$$\frac{y_a}{y_m} = -0,007 + 1,04 \frac{ET_a}{ET_m}, \text{ com } r = 0,976$$

Onde

y_a e y_m : representam rendimentos real e máximo da batata, respectivamente.

ET_a e ET_m : representam produtividades real e máxima da batata, respectivamente.

LARSEN (1984) aplicou o modelo sugerido por Doorenbos e Kassam (1979) para determinar o fator de sensibilidade (K_y) para os estádios vegetativo, início de tuberização e enchimento dos tubérculos do cultivar Russet Burbank, sujeita a estresse nestes estádios. Os resultados do fator de sensibilidade para os três estádios foram de 0,4; 1,33 e 0,2 para produção total nos estádios vegetativo, início de tuberização e enchimento dos tubérculos, respectivamente. Para o produção de tubérculos da classe US Nº 1, os valores de K_y foram 1,0 ; 2,0 e 1,38 para as mesmas fases, respectivamente. Os valores de K_y para o ciclo total da cultura foram 0,2 para a produção total e 1,14 para produção de tubérculos da classe US Nº 1.

STARK e McCANN (1992) usaram o modelo de Stewart et al. para estimar o fator de sensibilidade(K_y) ao estresse para o cultivar Russet Burbank, a partir de dados experimentais obtidos em dois anos, envolvendo dois déficits de irrigação distribuídos no início(I), meio(M) e final(F) do estágio enchimento dos tubérculos. Os maiores valores de K_y foram encontrados para o rendimento de tubérculos da classe US Nº 1, variando de 1,07 a 1,47. Para o rendimento total, K_y variou de 0,69 a 1,0. O valor do $K_y = 1,47$ ocorreu na sequência de estresse IM e $K_y = 1,0$ na sequência MF, ambos no estresse de 20% de ET.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material

Os dados experimentais relativos à produtividade de tubérculos foram obtidos do ensaio de campo com a batata, *Solanum tuberosum* L. , cultivar Monalisa. As batatas sementes foram procedentes da Unidade de Pesquisa de batatas sementes Canhas, localizada em Canoinhas - SC , e classificada pela unidade na subclasse A, tipo II, com tamanho de tubérculos de 40/50 mm. A cultivar com respectivas procedências e características agrônômicas, segundo SANTOS et al. (1986), são apresentadas na Tabela 1.

3.1.1. Localização e características da área experimental

O experimento foi conduzido durante o segundo semestre do ano agrícola 1993, no setor de produção e experimental de hortaliças do Departamento de Horticultura da Escola Superior de Agricultura **Luiz de Queiroz** - USP, na cidade de Piracicaba, SP. Piracicaba situa-se nas coordenadas geográficas de 22° 42' de latitude sul e 47° 38' de longitude oeste e altitude de 540 m. O clima da região, na classificação climática de Köppen, é tipo Cwa, isto é, subtropical úmido, com três meses mais seco (junho, julho e agosto), chuvas de verão, seca de inverno, temperatura média do mes mais quente superior a 22 °C e a do mes mais frio inferior a 18 °C . Os dados climáticos durante a execução do ensaio, setembro a dezembro, fornecidos pelo Departamento de Física e Meteorologia da ESALQ - USP, mostram que a

temperatura média mensal foi de 23,7 °C, sendo a máxima absoluta de 35,8 °C e a mínima de 9,4 °C, ocorrendo em novembro e outubro, respectivamente. A umidade relativa média foi de 79,1 % e a velocidade do vento média de 9,11 km/h.

Tabela 1. Características agrônômicas do cultivar Monalisa.

Procedencia : Holanda

Características da parte aérea da planta

Haste

Vigor : Pouco vigorosa

Nº médio : 5 - 6

Folha

Tamanho : Grande

Tipo de folíolos :

ápice : obtuso

base : ovais

formato : ovalada

Ciclo : precoce

Hábito de crescimento : semi-erecta

Acamamento : regular

Características do tubérculo

Formato : Alongado - cheio

Cor e aspereza da película : Amarelo lisa

Profundidade dos olhos : Superficiais

cor da polpa : Amarelo - claro

Segundo RANZANI et al. (1966), o solo da área experimental é classificado como Latossolo Roxo, bem drenado, Série Luiz de Queiroz, cujos

Tabela 2. Características químicas do solo nos abrigos.

Características	Abrigo 1	Abrigo 2
pH (CaCl ₂)	5,65 D	5,85 D
Ca ²⁺ (meq/1000 ml)	4,18 D	4,65 D
Mg ²⁺ (meq/1000 ml)	1,19 D	1,41 D
K ⁺ (meq/1000 ml)	0,48 D	0,82 E
H + Al (meq/1000 ml)	2,93 B	2,50 B
CTC (meq/1000 ml)	8,78	9,38
Soma de bases (meq / 1000 ml)	5,85	6,88
Saturação de bases (%)	66,60	73,40
P res. (ppm)	62,10 D	30,00 C
M.O. (%)	2,61 D	2,73 D

Obs: A = muito baixo; B= baixo; C=médio; D=alto, E= muito alto.

Tabela 3. Características físicas do solo da área experimental.

Camada (cm)	Granulometria (%)			Classe Textural
	Argila	Silte	areia	
0 - 15	29,53	32,84	37,64	barrento
15 - 30	62,34	14,14	23,52	argiloso
30 - 45	60,94	16,98	22,08	argiloso

dados da análise química, nas amostras coletadas a uma profundidade de zero a 20 cm em cada abrigo e analisadas no setor de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Solos da ESALQ - USP, são apresentados na Tabela 2 e as características físicas, segundo TEODORO (1986), estão na Tabela 3.

3.1.2. Descrição do experimento

O experimento foi instalado no campo, em agosto de 1993, em uma área de 1350 m², sendo que as parcelas experimentais foram instalados em duas áreas contíguas de 42 m de comprimento e 4,6 m de largura cada uma, sob abrigo com cobertura móvel de plástico transparente de polietileno de 20 micra de espessura, que foram usados para proteger as parcelas quando havia chuvas. Quando parava de chover, os plásticos eram levantados imediatamente para não afetar o microclima nos abrigos.

Os abrigos foram construídas com os seguintes materiais : trilho de ferro de 2 m de comprimento, canos de ferro galvanizado de 3/4 de polegada em forma de arco e de 1/2 polegada retos, vara de ferro de 3/8 de polegada de diâmetro, arame para sustentação, madeiras e filmes plásticos transparentes de polietileno. Nas Figuras 1a e 1b, tem-se uma vista dos abrigos. A cultura se encontrava no estágio vegetativo quando as fotos foram tiradas e as casas cobertas, pois o dia estava nublado e com previsão de chuva.

3.1.3. Características físico-hídricas do solo nos abrigos

As curvas de retenção da água do solo dos abrigos foram obtidas no Laboratório de Física de Solo do Departamento de Engenharia Rural/ESALQ/USP, através de mesa de tensão, utilizando-se de amostras indeformadas e acondicionadas em cilindros de 5 cm de diâmetros e 3 cm de altura, nas tensões de 0; 0,001; 0,002; 0,004; 0,01; 0,03; 0,05; 0,1; 0,5; 1 e 1,5MPa. Em cada abrigo foram coletadas amostras de solo nas profundidades 10, 30 e 40 cm, em sete pontos bem distribuídos. No total foram feitas 42 curvas nas duas casas de vegetação. De posse dos valores de umidade a base de volume (θ , cm³. cm⁻³) e dos módulos do potencial mátrico (ψ_m , cm



Figura 1a. Detalhe do abrigo 1, com os blocos 1 e 2.



Figura 1b. Detalhe do abrigo 2, com os blocos 3 e 4.

de água), obteve-se através do programa de computador descrito por DOURADO NETO et al. (1990) os parâmetros empíricos da equação de Van Genuchten (1980). O modelo da equação de Van Genuchten (1980) utilizado para as curvas foi:

$$\theta_a = \theta_{res} + \frac{(\theta_s - \theta_{res})}{\left(1 + (\alpha h)^n\right)^m}$$

sendo θ_a = umidade atual do solo, em $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$

θ_s = umidade no ponto de saturação do solo, em $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$

θ_{res} = umidade residual do solo, em $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$

α, n e m = parâmetros do solo da equação de Van Genuchten

h = módulo do potencial matricial da água do solo, em cm de água.

As densidades do solo nas profundidades de 10, 30, 40 cm foram obtidas com auxílio dos cilindros de Uhland. Os valores das densidades e dos parâmetros empíricos da equação de Van Genuchten (1980) são apresentados nas Tabelas 4a e 4b.

3.1.4. Detalhes experimentais

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições e oito tratamentos. Os tratamentos foram definidos em função da época de indução do déficit hídrico nos diferentes estádios fenológicos da cultura, de acordo com KLEINKOPF (1983). Os estádios ou fases fenológicas definidos foram **estádio vegetativo**, que correspondeu ao período do estabelecimento da cultura, que se deu aos 13 dias após a brotação, até o início da tuberização que se verificou aproximadamente 29 dias após a brotação; **estádio de tuberização**, que estendeu-se por 18 dias após o término da estádio vegetativo e **estádio de enchimento de**

TABELA 4a. Parâmetros da equação de Van Genuchten e densidade do solo no abrigo 1.

Ponto	Prof. (cm)	Parâmetros da equação de Van Genuchten					Densidade do solo (g.cm ⁻³)
		α (cm ⁻¹)	n	m	$\theta_{SAT.}$	$\theta_{RESID.}$	
1	10	0,2634	1,0691	0,0646	0,456	0,030	1,34
	30	0,0852	1,1404	0,1231	0,490	0,256	1,45
	40	0,0770	1,1552	0,1344	0,479	0,255	1,45
2	10	0,0102	2,0896	0,5214	0,478	0,232	1,33
	30	0,1578	1,0649	0,0610	0,458	0,077	1,41
	40	0,0655	1,0910	0,0834	0,467	0,190	1,45
3	10	0,2682	1,0586	0,0553	0,451	0,089	1,43
	30	0,1313	1,0885	0,0813	0,426	0,154	1,64
	40	0,0599	1,1523	0,1321	0,475	0,280	1,49
4	10	0,2446	1,2048	0,1700	0,489	0,220	1,35
	30	0,1657	1,1255	0,1115	0,532	0,206	1,44
	40	0,0675	1,1328	0,1166	0,474	0,241	1,45
5	10	0,0839	1,2971	0,2291	0,507	0,279	1,50
	30	0,1433	1,0730	0,0680	0,460	0,124	1,46
	40	0,0300	1,2221	0,1818	0,468	0,263	1,40
6	10	0,2599	1,0706	0,0659	0,456	0,024	1,35
	30	0,0852	1,1404	0,1231	0,490	0,256	1,49
	40	0,0770	1,1552	0,1344	0,479	0,255	1,38
7	10	0,2454	1,2887	0,2240	0,522	0,216	1,34
	30	0,0390	1,3170	0,2407	0,420	0,274	1,69
	40	0,0798	1,0947	0,0865	0,485	0,150	1,44

TABELA 4b. Parâmetros da equação de Van Genuchten e densidade do solo no abrigo 2.

Ponto	Prof.	Parâmetros da equação de Van Genuchten					Densidade do solo (g. cm ⁻³)
		Nº	$\alpha(\text{cm}^{-1})$	n	m	$\theta_{\text{SAT.}}$	
1	10	0,0880	1,0662	0,0621	0,471	0,065	1,45
	30	0,1524	1,0814	0,0753	0,497	0,086	1,55
	40	0,3520	1,0820	0,0758	0,493	0,158	1,33
2	10	0,0342	1,2923	0,2262	0,465	0,407	1,48
	30	0,1392	1,2509	0,2006	0,455	0,263	1,42
	40	0,0721	1,1721	0,1468	0,452	0,275	1,47
3	10	0,3537	1,1556	0,1346	0,488	0,130	1,26
	30	0,7097	1,0458	0,0438	0,482	0,027	1,65
	40	0,1231	1,1503	0,1307	0,467	0,228	1,39
4	10	0,0446	1,3112	0,2373	0,473	0,411	1,49
	30	0,1412	1,2278	0,1855	0,526	0,245	1,61
	40	0,2068	1,1208	0,1078	0,490	0,224	1,39
5	10	0,1132	1,1779	0,1511	0,468	0,163	1,32
	30	0,0348	1,3545	0,2617	0,483	0,433	1,48
	40	0,1699	1,1218	0,1085	0,486	0,229	1,48
6	10	0,3791	1,2052	0,1702	0,473	0,163	1,18
	30	0,1238	1,1904	0,1600	0,525	0,286	1,45
	40	0,0645	1,2774	0,2171	0,485	0,289	1,35
7	10	0,0903	1,4809	0,3247	0,539	0,209	1,29
	30	0,0673	1,3111	0,2373	0,504	0,433	1,62
	40	0,2060	1,2197	0,1802	0,599	0,316	1,49

tubérculos, que estendeu-se dos 47 dias após a brotação até o início do amarelecimento da parte aérea da planta, onde as irrigações foram suspensas.

Os tratamentos foram assim agrupados:

1. Tratamento em que a cultura não sofreu nenhum déficit hídrico nas três fases fenológicas, portanto a evapotranspiração real é a máxima (Tratamento 1);
2. Tratamento em que a cultura sofreu déficit hídrico nas três fases fenológicas, (Tratamento 8) e
3. Tratamentos em que a cultura foi submetida a déficit hídrico em uma ou duas fases fenológicas (Tratamentos 2, 3, 4, 5, 6 e 7).

O déficit hídrico correspondeu à aplicação da metade da lâmina média das repetições do tratamento 1. Na Tabela 5, tem-se a relação dos oito tratamentos nos estádios fenológicos da cultura. Para os tratamentos sob déficit hídrico, em determinado estágio, utilizou-se a expressão $ET_a < ET_m$ e para os que não se encontravam sob deficiência hídrica a expressão $ET_a = ET_m$, onde ET_a e ET_m correspondem às evapotranspirações real e máxima durante os estádios da cultura.

A unidade experimental foi constituída por cinco linhas de 2,1 metros de comprimento espaçadas entre si de 0,8 metro. O espaçamento entre plantas na linha foi de 0,35 metro. Nas laterais de cada parcela foi deixada uma linha de planta que funcionou como bordadura. Nas extremidades, também deixou-se uma bordadura, constituída por 1 planta na linha. Cada parcela ocupou uma área de 8,4 m², com total de 30 plantas por parcela. A área útil da parcela, propriamente dita, foi constituída de 3 linhas centrais, onde foram feitas todas as medições de produtividade e umidade do solo. Os detalhes da parcela são mostrados na Figura 2.

3.1.5. Irrigação do experimento

As parcelas foram irrigadas do plantio até o início da aplicação dos tratamentos por um sistema convencional de irrigação por aspersão. Neste período foi aplicado uma lâmina média total de 65,9 mm, com frequência média de 5 dias e lâmina média por irrigação de aproximadamente 8,2 mm. Após a uniformização do "stand", deu-se a aplicação dos tratamentos, sendo a água bombeada de um tanque para uma tubulação de polietileno de 1 polegada de diâmetro até os abrigos. Nestes a água foi conduzida em mangueira flexível de 3/4 de polegada de diâmetro até o equipamento em forma de T feito de PVC rígido de 1/2 polegada de diâmetro com furos de 2 em 2 cm, tendo um hidrômetro UNIMAG de vazão máxima $1,5 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ e resolução de $0,0001 \text{ m}^3$ para melhor controle do volume de água aplicado nas parcelas. Durante as irrigações, o equipamento era movimentado manualmente em toda a parcela para se ter uma melhor distribuição da água. O desenho do equipamento usado nas irrigações é apresentado na Figura 3.

Para o controle das irrigações e estudo do movimento da água na camada 0 - 40 cm foi instalado, em todas as parcelas, uma bateria de tensiômetros com manômetros de mercúrio nas profundidades de 10, 30, 40 e 50 cm(Figura 4). No controle das irrigações apenas os tensiômetros a 10 e 30 cm foram usados. No tensiômetro a 10 cm foi utilizado como referência o potencial matricial de $-0,02 \text{ MPa}$. Assim, nas parcelas que não estavam sofrendo estresse hídrico quando a tensão da água no solo atingia $0,02 \text{ MPa}$ se irrigava aplicando uma lâmina que levasse o solo para a condição de capacidade de campo (em torno de $0,01 \text{ MPa}$), pois conforme pode ser comprovado pelos estudos desenvolvidos por JONES & JOHNSON (1958), HUKKERI & MOOLANI (1965), SINGH et al. (1968), YADAV & TRIPATHI (1973) e outros, que o potencial da água do solo favorável à produção máxima da batata situa-se abaixo de $-0,03 \text{ MPa}$. Os valores da

TABELA 5. Relação dos tratamentos aplicados no experimento com o cultivar Monalisa.

Tratamento	Fases fenológicas da cultura		
	vegetativa	tuberização	enchimento dos tubérculos
1	ETa = ETm	ETa = ETm	ETa = ETm
2	ETa = ETm	ETa = ETm	ETa < ETm
3	ETa = ETm	ETa < ETm	ETa = ETm
4	ETa = ETm	ETa < ETm	ETa < ETm
5	ETa < ETm	ETa = ETm	ETa = ETm
6	ETa < ETm	ETa = ETm	ETa < ETm
7	ETa < ETm	ETa < ETm	ETa = ETm
8	ETa < ETm	ETa < ETm	ETa < ETm

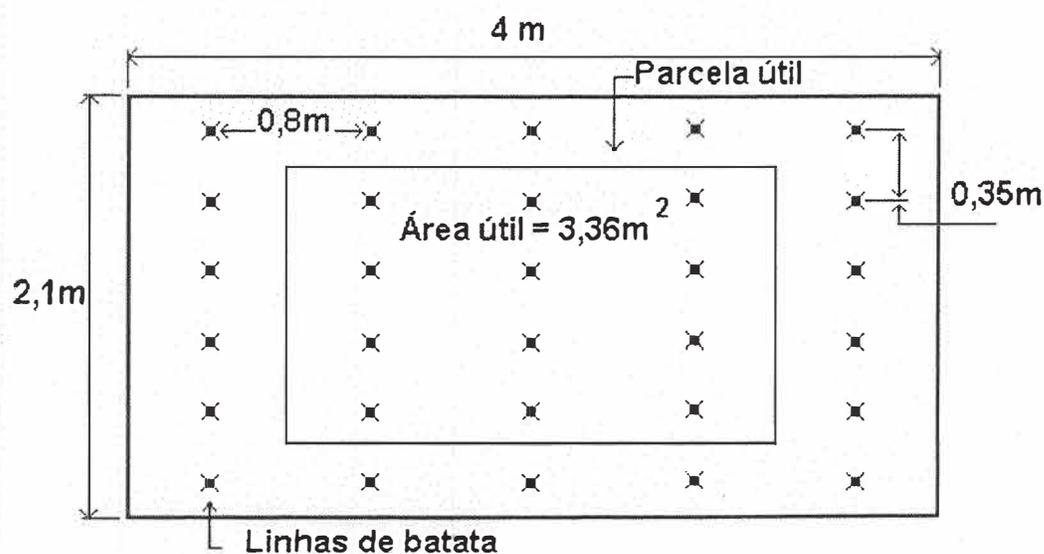


Figura 2. Detalhe da parcela.

umidade do solo, no momento das irrigações foram obtidos através das curvas de retenção da água no solo, a partir dos dados de potencial da água.

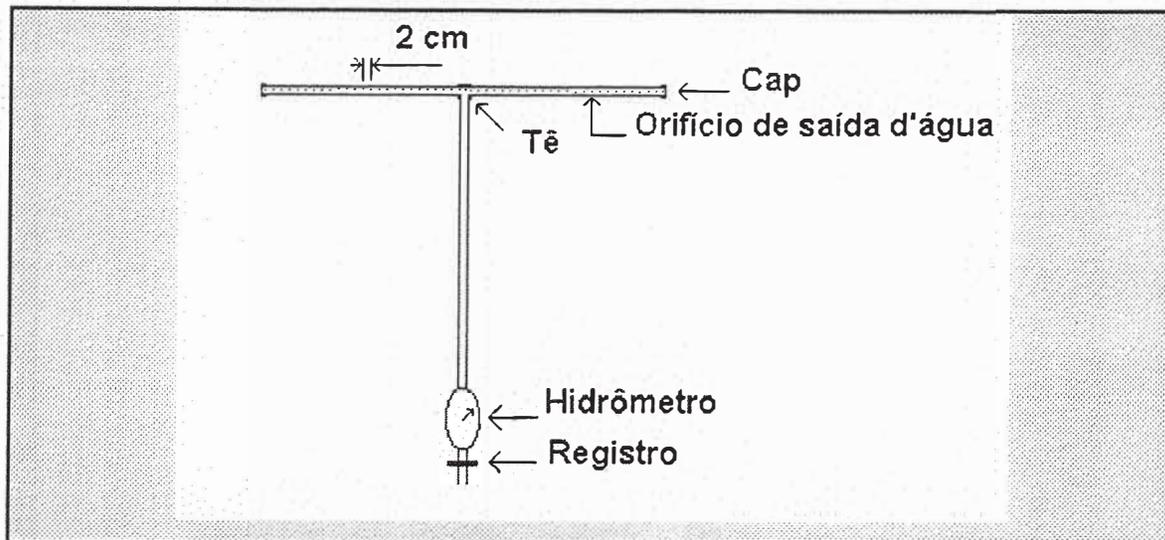


Figura 3. Equipamento usado nas irrigações.

3.1.6. Instalação do experimento

As áreas dos abrigos e circundantes foram preparadas por meio de tração mecânica (aração e gradagem). A homogeneização do solo foi realizada revolvendo e destorroando, aproximadamente, os 20 cm iniciais do perfil.

O plantio foi realizado no dia 27 de agosto de 1993, em sulcos de aproximadamente 7 cm de profundidade, abertos por sulcador manual no sentido transversal da parcela, distanciados de 0,80 m entre si. As batatas-mente foram distribuídas nos sulcos, manualmente, no espaçamento de 0,35 m, juntamente com o inseticida granulado sistêmico aldicarb (Temik 10), na dose correspondente a 13,5 kg do produto comercial/ha, e em seguida cobertas pelo solo de um sulco aberto ao lado, onde foram distribuídos os adubos e posteriormente, misturados à terra com um sulcador manual. A

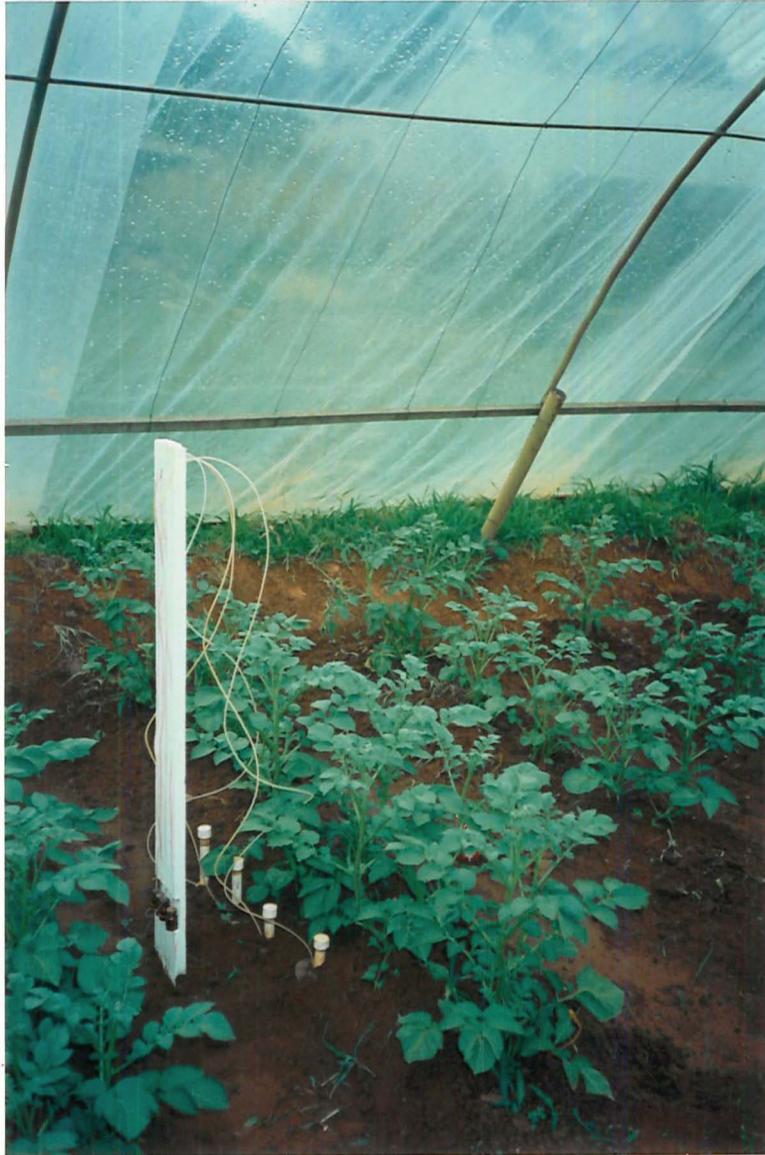


Figura 4. Detalhe da bateria de tensiômetros em uma parcela experimental (estádio da cultura vegetativo).

adubação básica comum a todas as parcelas, correspondeu a 60kg/ha de N, a 240 kg/ha de P_2O_5 e 120 kg/ha de K_2O , recomendação sugerida por FREIRE et al. (1981) para solos com teores médios e altos de P e K, respectivamente. Os produtos utilizados foram uréia, superfosfato triplo e cloreto de potássio. As doses de P_2O_5 e K_2O foram aplicadas todas no plantio, e a de N foi parcelada sendo metade aplicada na ocasião do plantio e a outra 30 dias após a brotação, durante a operação de amontoa.

3.1.7. Práticas culturais

Durante o ciclo da cultura foram realizadas duas capinas com amontoa para favorecer o desenvolvimento das plantas. Tal prática foi feita manualmente e no estágio da cultura que estavam a exigir tal providência.

Para controle das pragas e doenças foram feitas aplicações de produtos sistêmicos como Tamaron na dosagem de 1 ml do produto para 1 litro d'água, Manzate na dose de 3 g do produto para 1 litro d'água, combinações de Tamaron e Dithane 45, sendo a dose do Dithane 45 de 2 g do produto para 1 litro d'água, Manzate + Tamaron e Tamaron + Mancozeb, sendo este na dose de 4 g do produto em 1 litro d'água. As aplicações foram feitas com intervalo máximo de 7 dias e com auxílio de um pulverizador costal de 20 litros de capacidade. Apesar deste controle preventivo, infelizmente não se evitou o ataque da murcha bacteriana, *Pseudomonas solanacearum* (Smith) Dows, que provavelmente veio com as batatas sementes. Como medida de controle de propagação da bactéria, aplicou-se em cada parcela 12 litros da solução de sulfato de cobre a 5%. Essa prática teve um efeito bem significativo, pois reduziu o número de plantas atacadas pela murcha, apesar da solução ter provocado alguns danos nas plantas. Apesar de todos os esforços em evitar a disseminação da doença houve perda de uma parcela do tratamento 4, bloco 2.

As colheitas foram realizadas manualmente nos dias 14 e 16 de dezembro de 1993. Os tubérculos colhidos da área útil foram separados de acordo com a classificação do Ministério da Agricultura, que estabelece as seguintes classes abaixo. Determinou-se também, o número de tubérculos por planta de cada tratamento.

Classe	Diâmetro transversal da batata (mm)
Graúda	acima de 45
Média	entre 33 a 45
Miúda	entre 23 a 33
Miudinha	entre 23 a 20

3.1.8. Medidas climáticas auxiliares e de temperatura do solo

Para melhor caracterizar a condição climática na área experimental foi instalado um abrigo termométrico num dos abrigos, tendo no seu interior um termohigrógrafo e um conjunto de termômetros de máxima e mínima. Também, instalou-se quatro termômetros de mercúrio para solo, à 15 cm de profundidade nos tratamentos 1, 5, 6 e 7. Os termômetros com manômetro de mercúrio foram instalados na ocasião do plantio das batatas- sementes para acompanhamento da temperatura do solo no período de emergência e foram deixados no solo até o final do experimento. As leituras nos sensores termométricos foram feitas das 6 às 7 horas, durante a condução do experimento.

3.2. Métodos

3.2.1. Estimativa da evapotranspiração de referência (ETo)

Na estimativa da ETo, em mm/dia, foram utilizados os métodos de Penman, tanque classe A , com duas maneiras de encontrar o coeficiente de tanque (Kpan), Radiação Solar e Thornthwaite. Os dados climáticos necessários para os métodos foram obtidos da Estação Meteorológica do Departamento de Física e Meteorologia da ESALQ / USP, que fica localizada aproximadamente a 400m da área experimental.

3.2.1.1. Método de Penman

A expressão usada foi :

$$T_o = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} H + \frac{\gamma}{\gamma + \Delta} E_c \quad (1)$$

Sendo

$\frac{\Delta}{\Delta + \gamma}$ =o fator de ponderação relacionado à temperatura onde γ é a constante

psicrométrica e Δ a taxa da variação de tensão de saturação de vapor com a temperatura. Esse termo foi calculado a partir da seguinte expressão, obtida a partir de tabela apresentada por OMETTO (1981).

$$\frac{\Delta}{\Delta + \gamma} = 0,39088 + 0,01795T - 0,00016T^2 \quad (2)$$

$$r = 0,9961 \text{ e } R = 0,9921$$

onde

T = temperatura média do ar, em °C.

r = coeficiente de correlação e

R = coeficiente de determinação.

H = termo energético referente ao saldo de radiação disponível para evaporação, em mm.

$$= \frac{Q_g}{59}(1-r) - \frac{\delta T^4}{59} \left(0,56 - 0,09 \sqrt{e_a} \right) \left(0,1 + 0,9 \frac{n}{N} \right) \quad (3)$$

sendo

Q_g = radiação solar global diária, em $\text{cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$. Este dado climático foi medido por um radiômetro.

n = número de horas de brilho solar, medido no heliografo da Estação Meteorológica.

N = número máximo de horas de brilho solar. Valor obtido a partir da tabela apresentada por OMETTO (1981).

r = albedo da cultura. Tomou-se o valor 0,20.

$\frac{\delta T^4}{59}$ = a emissão energética do sistema, em termos da evaporação

equivalente. O valor deste termo foi calculado à partir da seguinte expressão, obtida a partir de tabela apresentada por OMETTO (1981):

$$\frac{\delta T^4}{59} = 11,22574 + 0,16126T + 0,00106T^2 \quad (4)$$

$$r = 0,99999 \text{ e } R = 0,99998$$

e_a = tensão atual do vapor d'água, em mmHg. Este termo foi obtido à partir da umidade relativa média diária (UR%), através da expressão:

$$e_a = \frac{UR\%e_s}{100} \quad (5)$$

onde :

e_s =tensão de saturação do vapor d'água obtida a partir da temperatura média do ar atmosférico em °C, em mmHg. Os valores de e_s foram calculados pela expressão abaixo, obtida a partir de tabela apresentada por OMETTO(1981).

$$e_s = 6,60313 - 0,17045T + 0,03474T^2 \quad (6)$$

$$r = 0,9989 \text{ e } R = 0,9979$$

Sendo,

T = temperatura média do ar em °C.

UR% = umidade relativa do ar, em %.

$\frac{\gamma}{\Delta + \gamma}$ = fator de ponderação relacionado a temperatura, obtido a partir da expressão abaixo encontrada a partir de tabela apresentada por OMETTO(1981):

$$\frac{\gamma}{\gamma + \Delta} = 0,59732 - 0,01709T + 0,00014T^2 \quad (7)$$

$$r = 0,9958 \text{ e } R = 0,9916$$

Sendo,

T = temperatura média do ar em °C.

E_c = termo aerodinâmico que representa o poder evaporante do ar, calculado por:

$$E_c = (0,35 + 0,184V_v)(e_s - e_a) \quad (8)$$

Sendo,

V_v = velocidade do vento à 2 m de altura, em $m.s^{-1}$.

$(e_s - e_a)$ = déficit de saturação do ar, em mm Hg.

3.2.1.2. Método Tanque Classe A

A equação do método usada foi a apresentada por OMETTO (1981):

$$ET_o = K_{pan} ECA \quad (9)$$

sendo,

ECA = evaporação medida diariamente no tanque classe A, na estação meteorológica em mm.

K_{pan} = Coeficiente de ajuste denominado de coeficiente de tanque. Os valores de K_{pan} são tabelados em função da velocidade do vento, umidade relativa, tamanho da bordadura e tipo de exposição do tanque (APÊNDICE 1). Além dos valores de K_{pan} tirados desta tabela, utilizou-se também a seguinte expressão para obter os valores de K_{pan} (PEREIRA et al., 1994):

$$K_{pan} = 0,85(\Delta + \gamma) / [\Delta + \gamma(1 + r_c/r_{ag})] \quad (10)$$

sendo,

γ = constante psicrométrica ($\gamma = 0,476 \text{ mmHg. } ^\circ\text{C}^{-1}$)

Δ = representa a tangente à curva do vapor d'água no ponto da temperatura média diária do ar. Este fator foi encontrado pela

45.

expressão abaixo, encontrada a partir da tabela apresentada por VILLA NOVA (1967):

$$\frac{\Delta}{\gamma} = 0,80148 + 0,01254T + 0,00283T^2 \quad (11)$$

$$r = 0,9974 \text{ e } R = 0,9948$$

$\frac{r_c}{r_{ag}}$ = relação entre as resistências ao fluxo do vapor d'água da folha e da camada de ar sobre a folha. PEREIRA, et al. (1994), recomenda a seguinte expressão para o cálculo dessa relação.

$$\frac{r_c}{r_{ag}} = \exp[-4,33 + 2,52V_v] \quad (12)$$

sendo

V_v = velocidade do vento à 2 m de altura, em $m.s^{-1}$.

3.2.1.3. Método da Radiação Solar

A equação do método usada foi a apresentada por DOORENBOS e KASSAM (1979):

$$ET_o = -0,3 + \left(\frac{b.w.Q_g}{59} \right) \quad (13)$$

Sendo

b = coeficiente de ajuste dependente da umidade relativa média e da

velocidade do vento no período diurno(APÊNDICE 2).

w = fator de ponderação dependente da temperatura e altitude. Os valores de w foram obtidos pela expressão abaixo, encontrada a partir de tabela apresentada por OMETTO (1981) para a altitude de Piracicaba 560 m.

$$w = 0,41353 + 0,0172T - 0,00015T^2 \quad (14)$$

$$r = 0,99978 \text{ e } R = 0,99955$$

Sendo,

T = umidade relativa do ar, em °C.

Q_g = irradiância global diária no local, em $\text{cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$.

3.2.1.4. Método de Thornthwaite

A equação do método utilizada foi a apresentada por OMETTO (1981):

$$ET_o = ET_{o_{tab}} \times \frac{n}{12} \quad (15)$$

Sendo,

$ET_{o_{tab}}$ = evapotranspiração tabular diária em função da temperatura média diária e temperatura média anual do ar, para dias com fotoperíodo de 12 horas. Os valores de parâmetro foram obtidos a partir de tabela apresentada por OMETTO (1981).

n = comprimento do fotoperíodo da época e do local. Os valores de n foram obtidos de tabela apresentada por OMETTO (1981).

3.2.2. Estimativa da evapotranspiração real (ETa).

A evapotranspiração real da cultura foi estimada a partir do balanço hídrico que tem seu fundamento na lei da conservação das massas, apresentada por REICHARDT (1985) pela equação:

$$\int_{t_0}^{t_1} (p + i - e \pm q_e \pm q_z) dt = \int_0^z \int_{t_0}^{t_1} \left(\frac{\partial \theta}{\partial t} \right) dt dz \quad (16)$$

O primeiro termo da eq. (16) representa o somatório de todas as entradas e saídas de água em um elemento de volume do solo de base unitária e altura z , durante o intervalo de tempo Δt ($t_1 - t_0$). O segundo termo representa as variações da quantidade de água, no mesmo intervalo de tempo (Δt) em uma camada de profundidade 0 a z .

A integração da eq. (16), com relação ao tempo e à profundidade, resulta na equação simplificada do balanço que é:

$$P + I \pm Q_z \pm ES = \pm \Delta A \quad (17)$$

em que,

P = precipitação natural, em mm

I = Irrigação, em mm

ET = evapotranspiração da cultura, em mm

Q_z = percolação, quando é negativo ou ascensão capilar quando positivo, em mm

ES = escoamento superficial, que entra (+) ou sai (-), em mm.

ΔA = variação do armazenamento da água do solo na camada de profundidade de $0 - z$ para o intervalo de tempo considerado do balanço.

No presente trabalho considerou-se um volume de solo de

profundidade $z = 40$ cm, para as determinações dos componentes do balanço hídrico da cultura da batata. A profundidade de 40 cm abrange o máximo do sistema radicular da batata, pois SWAMINATHAN e VERMA (1977), LESZYNSKI e TANNER (1976) e RAB e WILLATT (1987), encontraram de 80% a 85% do sistema radicular da batata restringidos até 0,35 m de profundidade. Foram usados em cada parcela, uma bateria de tensiômetros nas profundidades de 10, 30, 40 e 50 cm para medidas dos potenciais da água do solo. As leituras foram feitas diariamente até às 8 horas da manhã.

Nas condições que se conduziu o trabalho, os componentes do balanço P e ES foram negligenciados, uma vez que as parcelas foram protegidas contra as chuvas e também, sistematizadas a nível e com bordos para evitar o escoamento superficial da água de irrigação.

3.2.2.1. Determinação dos componentes do balanço

3.2.2.1.1. Percolação ou ascensão capilar (Q_z).

A percolação ou ascensão capilar da água do solo foi calculada para a profundidade $z = 40$ cm através da equação de BUCKINGHAM-DARCY (1907) escrita de uma maneira simplificada por REICHARDT (1985) como:

$$Q_z = -K(\theta) \cdot \frac{\Delta \psi_t}{\Delta z} \quad (18)$$

Escrevendo a eq. (18), para a direção vertical, na profundidade $z = 40$ cm, temos:

$$Q_z = -K(\theta)_{40} \left\{ \frac{\psi_t^{30} - \psi_t^{50}}{20} \right\}_{40} \quad (19)$$

Onde

$(\theta)_{40}$ = condutividade hidráulica do solo em função da umidade do solo θ na profundidade 40 cm.

$$\left\{ \frac{\psi_t^{30} - \psi_t^{50}}{20} \right\}_{40} = \text{gradiente de potencial total da água do solo na profundidade 40cm.}$$

sendo,

ψ_t^{30} = potencial total da água do solo à 30 cm, em cm de água.

ψ_t^{50} = potencial total da água do solo à 50 cm, em cm de água.

Os valores de $(\theta)_{40}$ foram obtidos a partir de um ensaio de campo realizado na área do experimento numa parcela de 25 m², com duas baterias de tensiômetros de mercúrio nas profundidades de 10, 20, 30, 40, 50 e 60 cm. O ensaio foi conduzido por um período de 40 dias onde foi obtida a seguinte equação que define a condutividade hidráulica à 40 cm, através do método de HILLEL et al.(1972), modificado por SAUNDERS(1978):

$$(\theta)_{40} = \exp.51,748(2,057\theta - 1) \quad (20)$$

onde,

$(\theta)_{40}$ = condutividade hidráulica em função da umidade média na profundidade de 40 cm.

θ = umidade média na profundidade 40 cm.

3.2.2.1.2. Irrigação (I)

As lâminas de irrigação foram definidas em função do potencial da água do solo nas profundidades de 10 e 30 cm. A profundidade efetiva do sistema radicular estimada para a cultura foi de 40 cm. As expressões para o cálculo das lâminas de irrigação foram:

Camada (0 - 20) cm

$$L_{(0-20)} = (\theta_{cc\ 10} - \theta_{a\ 10}) . 200 \quad (21)$$

Camada (20 - 40) cm

$$L_{(20-40)} = (\theta_{cc\ 30} - \theta_{a\ 30}) . 200 \quad (22)$$

sendo,

$L_{(0-20)}$ e $L_{(20-40)}$ = lâminas de irrigação para as camadas 0 - 20 e 20 - 40 cm respectivamente, em mm.

θ_{cc10} e θ_{cc30} = umidades do solo correspondentes as capacidades de campo nas profundidades de 10 e 30 cm, em $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$, respectivamente. Este parâmetro foi determinado no campo no experimento feito para estimar a condutividade hidráulica do solo.

θ_{a10} e θ_{a30} = umidades do solo no momento das irrigações, nas profundidades de 10 e 30 cm, respectivamente, em $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$.

3.2.2.1.3. Variação do armazenamento (ΔA)

A variação do armazenamento da água do solo num intervalo de tempo considerado do balanço, para a profundidade estudada foi obtida pela expressão (REICHARDT, 1985):

$$\Delta A = (\bar{\theta}_1 - \bar{\theta}_2) z \quad (23)$$

sendo

$\bar{\theta}_1$ = umidade média do perfil até a profundidade de 40 cm, no tempo $t=1$, em $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$.

$\bar{\theta}_2$ = umidade média do perfil até a profundidade de 40 cm, no tempo $t = 2$, em $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$.

z = profundidade adotada para o balanço ($z = 40$ cm).

3.2.2.1.4. Evapotranspiração (ET)

A componente ET é a incognita da equação do balanço hídrico. Explicitando a eq. (17), tem-se:

$$ET = I \pm Q_z \pm \Delta A \quad (24)$$

Para as condições em que foi desenvolvido o trabalho este componente ET pode ser conceituado como evapotranspirações máxima (ET_m) e real (ET_a).

3.2.3. Coeficiente de cultura (kc)

A expressão usada para o cálculo do coeficiente de cultura foi (DOORENBOS e KASSAM, 1979) :

$$kc = \frac{ET_m}{ET_o} \quad (25)$$

sendo,

ET_m = evapotranspiração máxima da cultura, em mm/dia. Os valores de ET_m

foram os obtidos pelo método do balanço hídrico no tratamento 1, que foi conduzido em condições ideais de suprimento hídrico.

ET_0 = evapotranspiração de referência, em mm/dia. Os valores de ET_0 foram estimados pelos métodos climáticos propostos na metodologia.

3.2.4. Fator de sensibilidade da cultura ao déficit hídrico (K_y).

Utilizou-se a expressão empírica descrita por DOORENBOS e KASSAM (1979), para determinar o fator de sensibilidade da batata K_y ao déficit hídrico, nos estádios vegetativo, tuberização e desenvolvimento dos tubérculos nos tratamentos sob estresse. A equação empírica quantifica a relação entre a redução do rendimento relativo e o déficit de evapotranspiração, sob a forma:

$$K_y = \frac{1 - \frac{y_a}{y_m}}{1 - \frac{ET_a}{ET_m}} \quad (26)$$

sendo,

y_a = rendimento real da cultura obtido nos tratamentos submetidos a estresse hídrico;

y_m = rendimento máximo da cultura obtido no tratamento 1, que não sofreu estresse hídrico;

ET_a = evapotranspiração real da cultura obtido nos tratamentos submetidos a estresse hídrico;

ET_m = evapotranspiração máxima da cultura obtida no tratamento 1.

K_y = fator de sensibilidade parcial para cada estágio ou fase fenológica.

3.2.5. Evolução do grau de déficit hídrico na batata.

Para determinação do índice de evolução do déficit hídrico durante o ciclo total da cultura utilizou-se a expressão:

$$\left[\frac{AD}{CAD} - (1-p) \right] \quad (27)$$

cujos termos são:

AD : Água disponível no solo, dado por $(U_a - PM) \times z$, sendo U_a - Umidade do solo no dia da irrigação, em $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$; PM - Ponto de murcha permanente, valor adotado da umidade do solo correspondente a tensão de 1,5 MPa, em $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$; z - profundidade adotada no estudo, em mm.

CAD: Capacidade de água disponível, dado por $(CC - PM) \times z$, sendo CC - Capacidade de campo, em $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$.

p : Representa o limite da chamada "água prontamente disponível no solo", isto é, aquela faixa de umidade dentro da qual a cultura não entra em déficit hídrico. Os valores de p para batata foram determinados, diariamente, a partir da expressão abaixo, obtida a partir de tabela apresentada por DOORENBOS e KASSAM (1979).

$$p = 0,68381 - 0,10345 ET_m + 0,00536 ET_m^2 \quad (28)$$

$$r = 0,99818 \quad e \quad R = 0,99636$$

Sendo,

ET_m = evapotranspiração máxima, em mm/dia.

3.2.6. Análises estatísticas dos resultados.

Os dados de produção foram submetidos a análise de variância de acordo com a seguinte decomposição para os graus de liberdade:

Causas de variação	Graus de liberdade
Blocos	3
Tratamentos	7
Resíduo	20
Total	30

As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste "t" de Student, ao nível de 5% de probabilidade. Para as análises dos valores de evapotranspiração máxima e coeficientes de cultura obtidos pelos cinco métodos, utilizou-se a estatística não paramétrica (CAMPOS, 1983), onde foram realizadas análises de correlação simples entre os valores dos coeficientes da cultura, estabelecendo também os coeficientes de concordância de Kendall. Aplicou-se o teste de Friedman, para o confronto dos cinco métodos de estimativa da evapotranspiração de referência, tomando-se cada período do balanço como um bloco e, para complementar as conclusões do teste, aplicou-se as comparações múltiplas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Condições meteorológicas durante o desenvolvimento da batata

Na Figura 5 são apresentadas as variações da temperatura média do ar e do solo a 15 cm de profundidade, medidas às 7 horas da manhã. A partir desta figura, pode-se observar que a temperatura média do ar durante o estágio de tuberação manteve-se acima de 22 °C e no estágio de desenvolvimento dos tubérculos acima de 25 °C, na maioria dos dias. A temperatura do solo manteve-se acima de 20 °C durante os estádios de tuberação e desenvolvimento dos tubérculos.

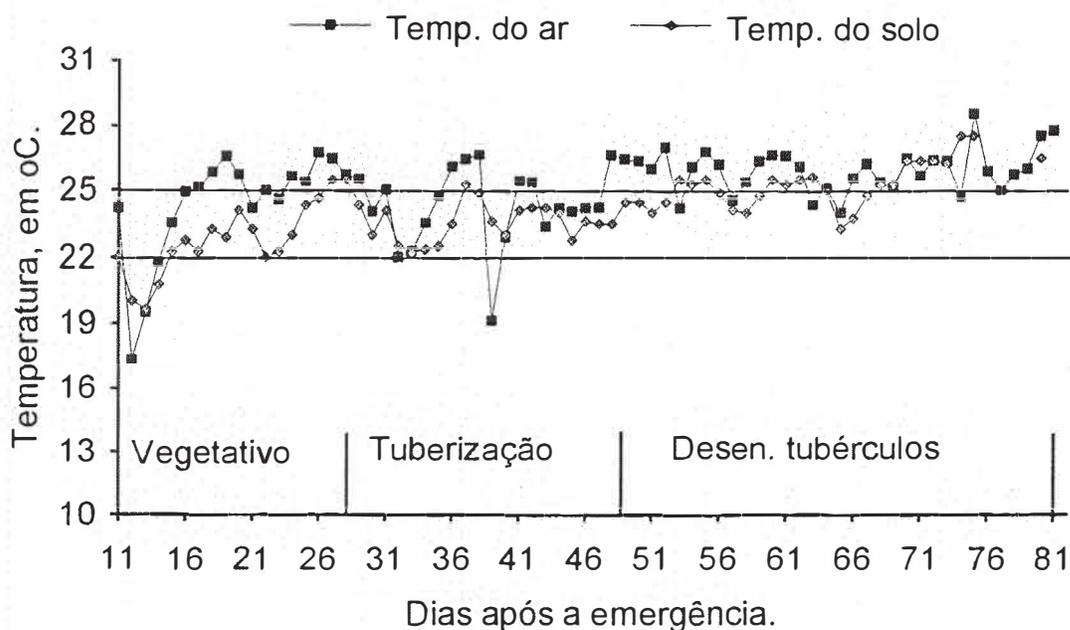


Figura 5. Variação da temperatura média do ar e do solo à 15 cm de profundidade às 7 horas, durante a condução do experimento.

De um modo geral a temperatura média do ar ótima para a cultura da batata está entre 10 e 20 °C (ANTUNES e FORTES, 1981). O experimento foi conduzido acima desta faixa, significando que as altas temperaturas registradas em Piracicaba provavelmente tiveram alguns efeitos deletério sobre o período de tuberização e desenvolvimento dos tubérculos, pois a produtividade máxima obtida no tratamento 1, que foi conduzido sob condições ideais de suprimento hídrico durante todos os estádios fenológicos foi de apenas 21,51 t / ha, valor inferior aos obtidos por ENCARNAÇÃO (1987) e DUARTE (1989), em experimentos conduzidos em Piracicaba, embora deva se ressaltar que ambos trabalharam com variedades diferentes daquela usada no presente estudo.

4.2. Evapotranspiração e produtividade da batata.

Com os dados de umidade do solo, obtidos nas curvas características da água no solo, a partir das medidas diárias do potencial mátrico da água no solo (APÊNDICE 4), até a profundidade de 50 cm, durante o ciclo da cultura, foi calculada a variação do armazenamento da água do solo (Eq. 23) das parcelas em períodos de duração variável de 3 a 7 dias e, através da equação do balanço hídrico (Eq. 24), foram determinadas a evapotranspiração máxima e a real da batata.

O ciclo da cultura desde a brotação até a colheita teve duração de 81 dias, iniciando-se em 25 de setembro, data da brotação de mais de 80% das parcelas e terminando com a colheita em 14 de dezembro de 1993. O balanço hídrico da cultura teve início em 6 de outubro e foi realizado nos três estádios fenológicos vegetativo, tuberização e enchimento de tubérculos. O período total estudado no balanço variou de 60 a 65 dias, dependendo do tratamento.

O tratamento 1 foi mantido em condição ótima de suprimento de

água durante todo o ciclo da cultura, originando, conseqüentemente, a evapotranspiração máxima (ET_m) e a produtividade máxima (y_m) da batata. As irrigações foram realizadas quando a umidade do solo atingia o valor limite médio de 26,2% (em peso seco), representando um consumo médio de aproximadamente 20% da água disponível do solo, portanto em condição de umidade favorável, visando alcançar a produtividade máxima, segundo LARSEN, 1984 ; ISLAM, 1990 ; STEYN et al. , 1992.

A Figura 6 mostra a evapotranspiração máxima e a média da cultura da batata nas quatro repetições, por período e a Tabela 6 apresenta os resultados médios do balanço das quatro repetições deste tratamento, nos três estádios fenológicos. Os níveis mais elevados de ET_m da cultura ocorreram na fase de enchimento de tubérculos, com valor médio de 4,0 mm/dia. O pico de máximo consumo foi observado na fase de tuberização com valor médio de 4,84 mm/dia. A perda por percolação foi cerca de 2% da água total aplicada durante o ciclo da cultura, valor considerado baixo. A redução do consumo diário da batata, em termos de ET_m, verificada nos períodos 4, 7, 9 e 11 (Tabela 6), pode ser atribuída às diferenças nas condições meteorológicas observadas durante o período experimental. Entretanto, a queda de consumo no período 13, deu-se devido as características intrínsecas à própria planta (início da senescência).

Os resultados relativos à evapotranspiração máxima acumulada, à irrigação aplicada nas fases fenológicas e à produtividade máxima da batata são apresentados na Tabela 7. Em média, foram aplicados durante as três fases fenológicas a lâmina de 214,1 mm. A lâmina total, desde o plantio até o início da maturação foi, em média, 280,0 mm. ENCARNAÇÃO (1987), trabalhando em Piracicaba com o cultivar IAC 5977, de ciclo total de 100 dias, obteve rendimento máximo de 32,2 t/ha com o total de água aplicada no ciclo de 271,3 mm e DUARTE (1989), irrigando o cultivar Achat, também em

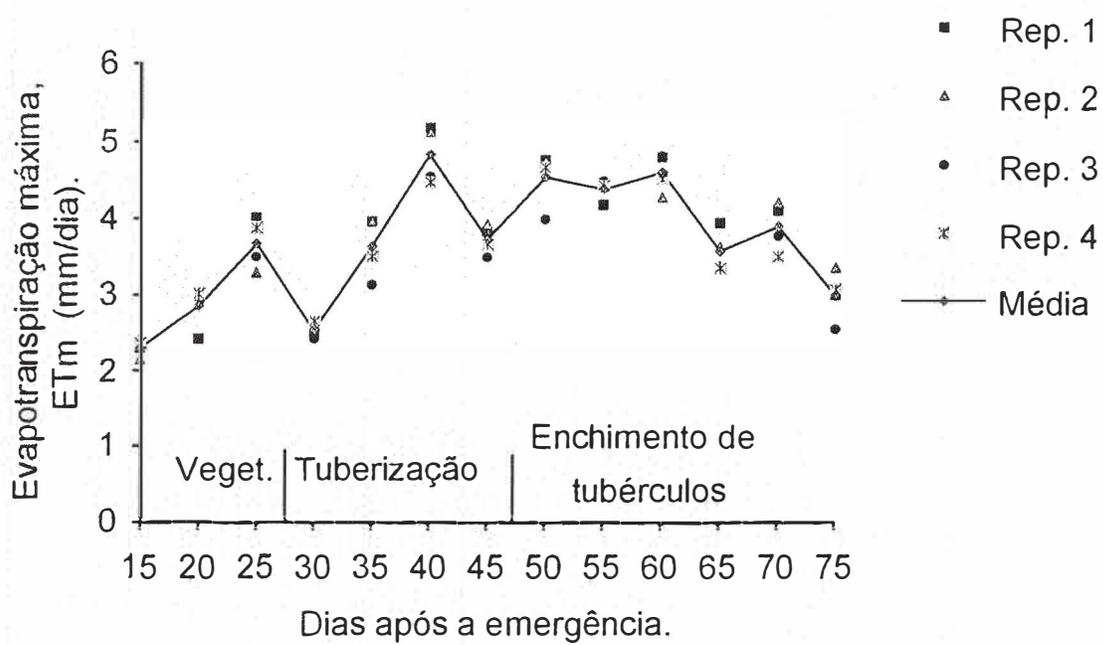


Figura 6. Variação da evapotranspiração da batata no tratamento 1.

Tabela 6. Valores dos componentes do balanço hídrico da cultura da batata no tratamento 1 - médias das repetições.

N ^o	Período (dia / mes)	Duração (dia)	Fase fenológica	I (mm)	Q ₄₀ (mm)	ΔA (mm)	ETm (mm)	ETm _d (mm/dia)	Desvio padrão	CV (%)
1	06 a 1/out.	6	vegetativa	9,2	-0,35	5,00	13,8	2,3	0,107	4,64
2	12 a 7/out.	6	vegetativa	18,0	-0,87	0,05	17,1	2,9	0,290	10,17
3	18 a 1/out.	4	vegetativa	8,9	0,83	5,00	14,7	3,7	0,333	9,06
4	22 a 5/out.	4	tuberização	10,2	0,95	-0,96	10,2	2,5	0,108	4,25
5	26 a 0/out.	5	tuberização	16,4	0,32	1,50	18,2	3,7	0,404	11,07
6	31/out a 04/nov	5	tuberização	21,1	0,68	2,45	24,2	4,8	0,375	7,76
7	05 a 08/nov	4	tuberização	16,9	-1,18	-0,71	15,0	3,7	0,194	5,18
8	09 a 12/nov	4	Enchim. Tuber.	14,3	0,96	2,92	18,2	4,5	0,372	8,21
9	13 a 16/nov	4	Enchim. Tuber.	17,4	0,09	0,00	17,5	4,4	0,137	3,12
10	17 a 22/nov	6	Enchim. Tuber.	29,9	-0,94	-1,31	27,6	4,6	0,252	5,48
11	23 a 29/nov	7	Enchim. Tuber.	19,6	1,15	4,35	25,1	3,6	0,279	7,79
12	30/nov a 04/dez	5	Enchim. Tuber.	20,5	0,30	-2,20	18,6	3,9	0,321	8,22
13	05 a 08/dez	4	Enchim. Tuber.	12,0	0,28	0,52	12,7	3,0	0,339	11,35
TOTAL		64,00		214,1	2,21	16,60	232,9			
MÉDIA				16,5			18,0	3,7	0,27	7,41

Tabela 7. Valores, em mm, da evapotranspiração máxima (ET_m), irrigação (I) e produtividade máxima (y_m) obtidos no tratamento 1 - médias das repetições.

Parâmetros	Estádio	Duração (dias)	Repetições				Média
			1	2	3	4	
Evapotranspiração(mm)							
ET_m	vegetativo	16	44,4	44,1	46,3	47,7	45,6
ET_m	tuberização	18	70,9	71,8	62,1	65,3	67,5
ET_m	Enchim. tuber.	30	124,6	112,5	115,5	116,3	117,2
	TOTAL	64	239,9	238,4	223,9	229,3	230,3
Irrigação (mm)							
	vegetativo	16	37,1	35,3	35,6	35,9	36,0
	tuberização	18	59,7	84,2	54,8	59,2	64,5
	Enchim. tuber.	30	122,9	115,8	116,1	99,7	113,6
	TOTAL	64	219,7	235,3	206,50	194,80	214,1
Produção (t / ha)							
y_m			22,58	22,09	20,35	21,01	21,51

Piracicaba e de ciclo de 100 dias, obteve rendimento de 30 t/ha com lâmina total aplicada por aspersão de 321,9 a 371,9 mm. A produtividade máxima média foi de 21,51 t/ha considerada razoável pela qualidade sanitária das batatas-sementes e as condições edafoclimáticas que não foram totalmente favoráveis neste local (temperatura do solo e do ar, estrutura do solo, etc.). Em termos médios foram necessários 13,0 mm de evapotranspiração para a produção de 1t/ha de batata.

O tratamento 2 teve manejo idêntico ao tratamento 1 nos estádios vegetativo e tuberização. No estágio de enchimento dos tubérculos sofreu déficit hídrico pela redução da irrigação, sendo a lâmina aplicada correspondente a metade da lâmina média das repetições do tratamento 1. A Figura 7 mostra a variação da evapotranspiração nos estádios fenológicos das quatro repetições e a média. Observa-se que nos estádios vegetativo e tuberização a evapotranspiração da batata foi semelhante ao tratamento 1, mas no estágio de enchimento dos tubérculos os valores de ETa foram menores que os do tratamento 1.

A Tabela 8 apresenta os valores médios dos componentes do balanço hídrico das quatro repetições. Os coeficientes de variação dos valores da evapotranspiração foram baixos na maioria dos períodos, podendo a ETa média representar bem o tratamento. A ETa média calculada no estágio enchimento de tubérculos, com valor de 2,2 mm/dia correspondeu à 55,0% da ETm do tratamento 1, nesse estágio, com déficit médio de 63,41 mm em 26 dias e uma produtividade média de 11,04 t/ha (Tabela 9). Portanto, um déficit de evapotranspiração de 45,0% no estágio de enchimento de tubérculos gerou uma redução média de 10,47 t/ha, levando à produção equivalente a 51,3% daquela do tratamento 1, o que evidencia a importância do adequado suprimento de água nesse estágio. Esses resultados confirmam as observações de DOORENBOS & KASSAM (1979), HARRIS (1978), OJALA et al. (1990) e STARK & McCANN (1992) de que se deve evitar deficiência de

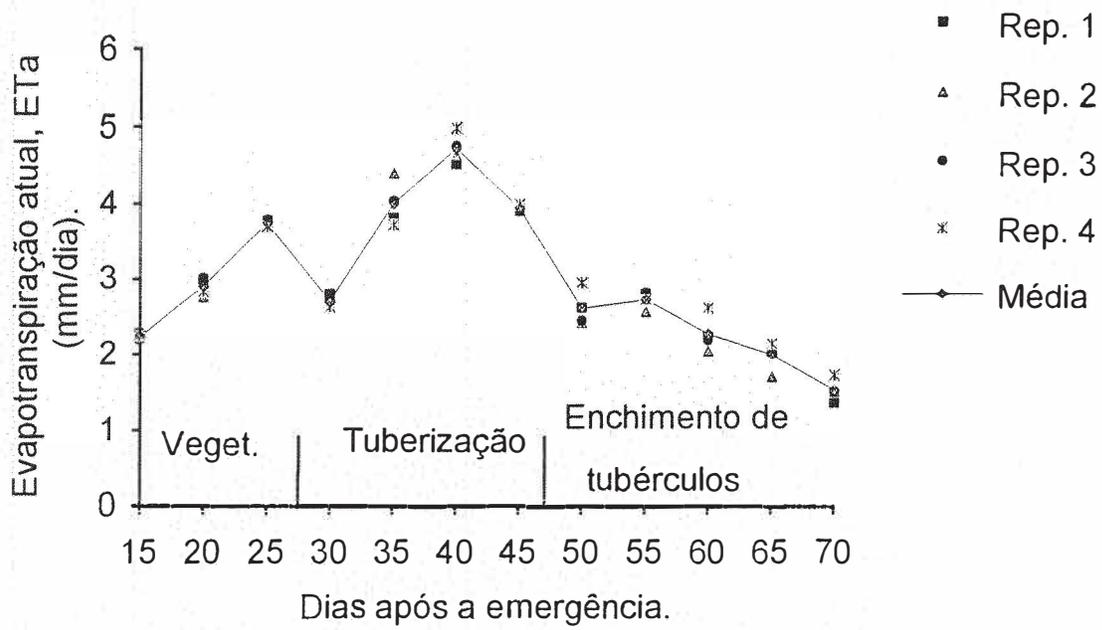


Figura 7. Variação da evapotranspiração da batata no tratamento 2.

Tabela 8. Valores dos componentes do balanço hídrico da cultura da batata no tratamento 2 - médias das repetições.

N ^o	Período (dia / mes)	Duração (dia)	Fase fenológica	I (mm)	Q ₄₀ (mm)	ΔA (mm)	ETm (mm)	ETm _d (mm/dia)	Desvio padrão	CV (%)
1	06 a 11/out	6	vegetativa	10,4	-0,62	3,62	13,4	2,2	0,035	1,56
2	12 a 16/out	5	vegetativa	14,9	0,49	-0,86	14,5	2,9	0,119	4,12
3	17 a 21/out	5	vegetativa	13,1	1,70	3,94	18,7	3,8	0,046	1,24
4	22 a 25/out	4	tuberização	9,4	0,88	0,52	10,8	2,7	0,081	2,98
5	26 a 30/out	5	tuberização	15,0	1,63	3,40	20,0	4,0	0,308	7,70
6	31/out a 04/nov	5	tuberização	26,0	0,36	-2,73	23,6	4,7	0,198	4,19
7	05 a 08/nov	4	tuberização	11,6	0,24	3,99	15,8	3,9	0,039	1,00
8	09 a 13/nov	5	Enchim. Tuber.	9,9	0,00	3,14	13,0	2,6	0,242	9,32
9	14 a 18/nov	5	Enchim. Tuber.	14,5	-0,92	0,05	13,6	2,7	0,115	4,22
10	19 a 23/nov	5	Enchim. Tuber.	7,1	-0,43	4,93	11,4	2,3	0,243	10,72
11	24 a 29/nov	6	Enchim. Tuber.	9,4	-0,02	2,59	12,0	2,0	0,201	10,11
12	30/nov a 03/dez	4	Enchim. Tuber.	6,6	0,09	-0,58	6,1	1,5	0,150	9,83
TOTAL		59		147,9	3,38	22,01	172,8			
MÉDIA				12,3			14,4	2,9	0,15	5,58

Tabela 9. Valores, em mm, das evapotranspirações máxima (ET_m) e real (ET_a), irrigação (I) e produtividade real (y_a) obtidos no tratamento 2 - médias das repetições.

Parâmetros	Estádio	Duração (dias)	Repetições				Média
			1	2	3	4	
Evapotranspiração(mm)							
ET _m	vegetativo	16	47,5	45,7	47,2	46,2	46,7
ET _m	tuberização	18	68,7	71,5	70,6	70,0	70,2
ET _a	Enchim. tuber.	26	55,8	51,4	55,9	61,2	56,1
	TOTAL	60	172,0	168,6	173,7	177,4	173,0
Irrigação (mm)							
	vegetativo	16	36,5	35,5	40,1	41,4	38,4
	tuberização	18	59,3	62,6	60,2	65,6	61,9
	Enchim. tuber.	26	47,5	47,5	47,5	47,5	47,5
	TOTAL	60	143,3	145,6	147,8	154,5	147,8
Produção (t / ha)							
y _a			12,33	10,65	10,79	10,39	11,04

água nesse estágio fenológico, a fim de não comprometer a produtividade da batata.

No tratamento 3 os estádios vegetativo e de enchimento de tubérculos foram conduzidos, quanto ao manejo de água, da mesma maneira que nos mesmos estádios do tratamento 1. As irrigações eram feitas quando o potencial da água do solo era de $-0,02$ MPa na profundidade de 10 cm. No estágio de tuberização, as lâminas de irrigação corresponderam à metade das lâminas médias das quatro repetições do tratamento 1 no mesmo estágio. Na Figura 8 tem-se a representação gráfica das evapotranspirações máxima e real da batata neste tratamento. Observa-se tendências idênticas da ETm nos estádios vegetativo e enchimento de tubérculos neste tratamento em relação ao tratamento 1 (Figura 6). A Tabela 10 apresenta os valores médios dos componentes do balanço hídrico desse tratamento. A ETa média calculada no estágio que sofreu déficit hídrico foi de 2,3 mm/dia e equivale a 62,2% da ETm do tratamento 1 nesse estágio. Na Tabela 11 tem-se a evapotranspiração acumulada, as lâminas de irrigação aplicadas nos estádios

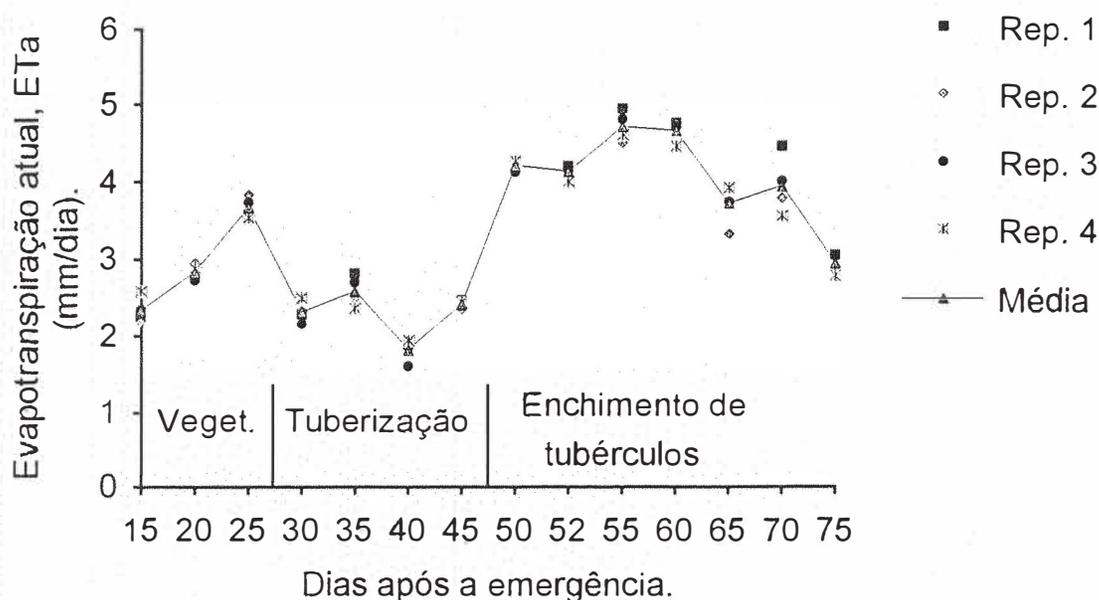


Figura 8. Variação da evapotranspiração da batata no tratamento 3.

Tabela 10. Valores dos componentes do balanço hídrico da cultura da batata no tratamento 3 - médias das repetições.

Nº	Período (dia / mes)	Duração (dia)	Fase fenológica	I (mm)	Q ₄₀ (mm)	ΔA (mm)	ETm (mm)	ETm _d (mm/dia)	Desvio padrão	CV (%)
1	06 a 11/out	6	vegetativa	10,3	-0,89	4,73	14,1	2,4	0,174	7,44
2	12 a 17/out	6	vegetativa	15,5	-0,56	2,14	17,0	2,8	0,099	3,51
3	18 a 21/out	4	vegetativa	10,2	0,20	4,26	14,7	3,7	0,137	3,75
4	22 a 25/out	4	tuberização	5,8	0,51	2,95	9,3	2,3	0,140	6,04
5	26 a 30/out	5	tuberização	7,9	1,11	3,93	12,9	2,6	0,202	7,83
6	31/out a 04/nov	5	tuberização	6,3	0,74	2,09	9,1	1,8	0,142	7,83
7	05 a 08/nov	4	tuberização	9,0	0,07	0,62	9,7	2,4	0,048	2,00
8	09 a 12/nov	4	Enchim. Tuber.	22,8	0,02	-5,79	16,9	4,2	0,068	1,61
9	13 a 16/nov	4	Enchim. Tuber.	19,2	-0,25	-0,26	18,6	4,1	0,097	2,34
10	17 a 19/nov	3	Enchim. Tuber.	14,2	-0,10	0,11	14,2	4,7	0,197	4,19
11	20 a 24/nov	5	Enchim. Tuber.	21,2	0,10	-0,29	21,0	4,7	0,141	3,03
12	25 a 29/nov	5	Enchim. Tuber.	16,8	-0,21	1,93	18,5	3,7	0,281	7,55
13	30/nov a 04/dez	5	Enchim. Tuber.	19,8	0,08	-0,06	19,8	4,0	0,387	9,79
14	05 a 10/dez	5	Enchim. Tuber.	10,9	0,21	3,60	14,7	2,9	0,132	4,49
TOTAL		65,00		189,9	1,02	19,96	210,5			
MÉDIA				13,6			15,1	3,3	0,16	5,10

Tabela 11. Valores, em mm, das evapotranspirações máxima (ET_m) e real (ET_a), irrigação (I) e produtividade real (Y_a) obtidos no tratamento 3 - médias das repetições.

Parâmetros	Estádio	Duração (dias)	Repetições				Média
			1	2	3	4	
Evapotranspiração(mm)							
ET _m	vegetativo	16	44,7	46,2	45,3	46,9	45,8
ET _a	tuberização	18	42,5	40,5	39,9	41,3	41,0
ET _m	Enchim. tuber.	31	129,6	118,8	126,0	120,5	123,7
	TOTAL	65	216,8	205,5	211,2	208,7	210,5
Irrigação (mm)							
	vegetativo	16	36,0	33,8	36,0	37,8	35,9
	tuberização	18	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0
	Enchim. tuber.	31	129,8	121,7	126,2	121,3	124,8
	TOTAL	65	194,8	184,5	191,2	188,1	189,7
Produção (t / ha)							
Y _a			8,19	8,85	8,11	9,36	8,63

fenológicos da batata e a produtividade de cada repetição do tratamento 3. Verifica-se um déficit médio de evapotranspiração de 26,5 mm em 18 dias e produtividade real média de 8,63 t/ha. A redução de 39,3% da evapotranspiração no estágio de tuberação causou uma redução média de 12,88 t/ha da batata, levando a uma produção equivalente à 40,1% daquela do tratamento 1, indicando a necessidade de um adequado manejo de água nesse estágio da cultura. SCALOPPI e SCARDUA (1975), HUKKERI et al. (1975), HARRIS (1978) e HUKKERI e SHARMA (1979), também verificaram que a redução na produção causada por déficit hídrico neste estágio (tuberação) é bem maior que em outros estágios de desenvolvimento da batata.

As parcelas do tratamento 4 receberam metade da lâmina aplicada no tratamento 1, em cada irrigação, nos estágios de tuberação e enchimento de tubérculos. Neste tratamento houve perda de uma parcela, devido a murcha bacteriana que reduziu para 6 o número de plantas da área útil da parcela do bloco 2. As outras parcelas ficaram com plantas suficientes para serem analisadas. A Figura 9 apresenta o comportamento da evapotranspiração nos estágios fenológicos da batata. A semelhança desse tratamento com o tratamento 1 observa-se apenas no estágio vegetativo. O pico máximo de consumo médio ocorreu no último período do estágio vegetativo. Na Tabela 12, são mostrados os valores médios dos componentes do balanço das três repetições. Os valores médios de ET_a médias nos estágios que sofreram déficit foram de 2,6 e 2,2 mm/dia, na tuberação e enchimento de tubérculos, respectivamente, representando 70,3% e 55,0% da ET_m do tratamento 1 nos respectivos períodos. Os coeficientes de variação dos valores de ET_a foram bem dispersos, variando de 0,50 a 16,97%, mas considerados baixos na maioria dos períodos. Na Tabela 13 são apresentados os valores de ET_a e ET_m acumulados, das lâminas de irrigação acumuladas nos estágios fenológicos e a produtividade média de cada repetição. O déficit médio de

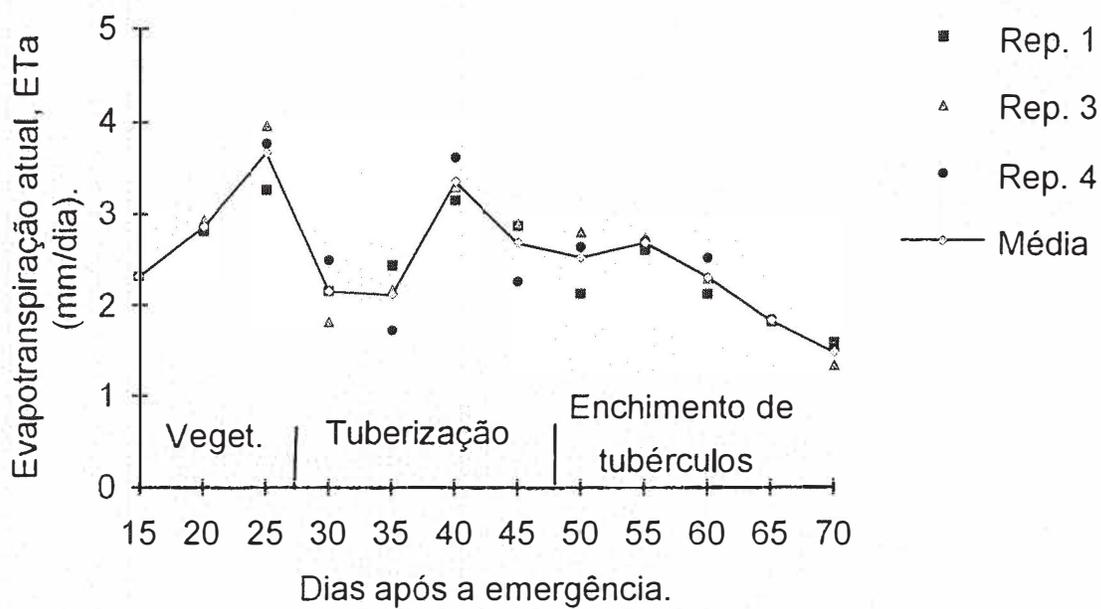


Figura 9. Variação do evapotranspiração da batata no tratamento 4.

Tabela 12. Valores dos componentes do balanço hídrico da cultura da batata no tratamento 4 - médias das repetições.

N ^o	Período (dia / mes)	Duração (dia)	Fase fenológica	I (mm)	Q ₄₀ (mm)	ΔA (mm)	ETm (mm)	ETm _d (mm/dia)	Desvio padrão	CV (%)
1	06 a 11/out	6	vegetativa	11,6	-0,36	3,01	14,0	2,3	0,01	0,50
2	12 a 17/out	6	vegetativa	15,7	0,38	1,16	17,2	2,9	0,06	2,10
3	18 a 21/out	4	vegetativa	13,5	0,13	0,97	14,6	3,7	0,36	9,88
4	22 a 25/out	4	tuberização	5,8	1,19	1,64	8,6	2,2	0,33	15,28
5	26 a 30/out	5	tuberização	7,9	-0,08	2,77	10,6	2,1	0,36	16,97
6	31/out a 04/nov	5	tuberização	6,3	1,38	9,09	16,8	3,4	0,24	7,15
7	05 a 08/nov	4	tuberização	9,0	0,88	0,83	10,7	2,7	0,36	13,49
8	09 a 12/nov	4	Enchim. Tuber.	9,9	0,35	-0,16	10,1	2,5	0,35	13,82
9	13 a 16/nov	4	Enchim. Tuber.	5,9	0,15	4,68	10,7	2,8	0,07	2,69
10	17 a 22/nov	6	Enchim. Tuber.	15,7	0,42	-2,26	13,9	2,3	0,20	8,45
11	23 a 29/nov	7	Enchim. Tuber.	9,4	0,31	3,14	12,8	1,8	0,02	0,83
12	30/nov a 04/dez	5	Enchim. Tuber.	6,6	0,12	-0,80	5,9	1,5	0,13	8,63
TOTAL		60,00		117,3	4,86	24,06	145,9			
MÉDIA				9,8			12,2	2,5	0,21	8,32

Tabela 13. Valores, em mm, das evapotranspirações máxima (ET_m) e real (ET_a), irrigação (I) e produtividade real (y_a) obtidos no tratamento 4 - médias das repetições.

Parâmetros	Estádio	Duração (dias)	Repetições				Média
			1	3	4		
Evapotranspiração(mm)							
ET _m	vegetativo	16	43,8	47,5	46,2	45,8	
ET _a	tuberização	18	48,0	46,3	45,7	46,7	
ET _a	Enchim. tuber.	26	50,7	54,2	55,4	53,4	
	TOTAL	60	142,5	148,0	147,3	145,9	
Irrigação (mm)							
	vegetativo	16	39,4	43,5	39,4	40,8	
	tuberização	18	29,0	29,0	29,0	29,0	
	Enchim. tuber.	26	47,5	47,5	47,5	47,5	
	TOTAL	60	115,9	120,0	115,9	117,3	
Produção (t / ha)							
y _a			7,25	7,35	7,66	7,44	

evapotranspiração de 20,8 mm em 18 dias da evapotranspiração acumulada no estágio de tuberização e de 63,8 mm em 26 dias na fase de enchimento de tubérculos resultou na produtividade média de 7,44 t/ha da batata. Portanto, os déficits de ETm de 29,7% na tuberização e de 45,0% no estágio de enchimento de tubérculos provocou uma redução média de 14,07 t/ha, com relação a produtividade média do tratamento 1, ou seja, a produção reduziu-se a 34,6% da produção do tratamento 1.

O tratamento 5 foi programado para receber irrigação idêntica ao tratamento 1, nos estádios de tuberização e enchimento de tubérculos. No estágio vegetativo esse tratamento recebeu metade da lâmina média das repetições do tratamento 1 no mesmo estágio. Na Figura 10 é mostrado o comportamento dos valores de evapotranspiração obtidos nas repetições durante os estádios da batata. Observa-se que até o final do estágio de tuberização a evapotranspiração real foi crescente, permanecendo quase constante no estágio de enchimento de tubérculos, tendo uma redução acentuada no último período desse estágio, devido à entrada das plantas na senescência. Nas Tabelas 14 e 15 são apresentados os componentes do balanço hídrico e a produtividade da batata nas quatro repetições e a média. A evapotranspiração acumulada média no estágio vegetativo foi de 34,3 mm, representando cerca de 75,2% da evapotranspiração do tratamento 1 no mesmo estágio. O déficit médio de evapotranspiração foi de 11,3 mm e a produtividade real média de 18,45 t/ha. O déficit de 24,8% na evapotranspiração máxima neste período causou uma redução média da produtividade de 14,23% em relação ao tratamento 1, demonstrando, portanto, que o déficit neste período, pode não resultar em grandes perdas de produção. Entretanto, deve-se considerar que o déficit hídrico foi imposto a partir da segunda metade desse estágio, para que a fase de estabelecimento da cultura não apresentasse problemas. Além disso, devido à imposição do déficit a partir dos 15 dias após a emergência, durante um pequeno período até o final do estágio, o seu grau foi relativamente pequeno. Entretanto

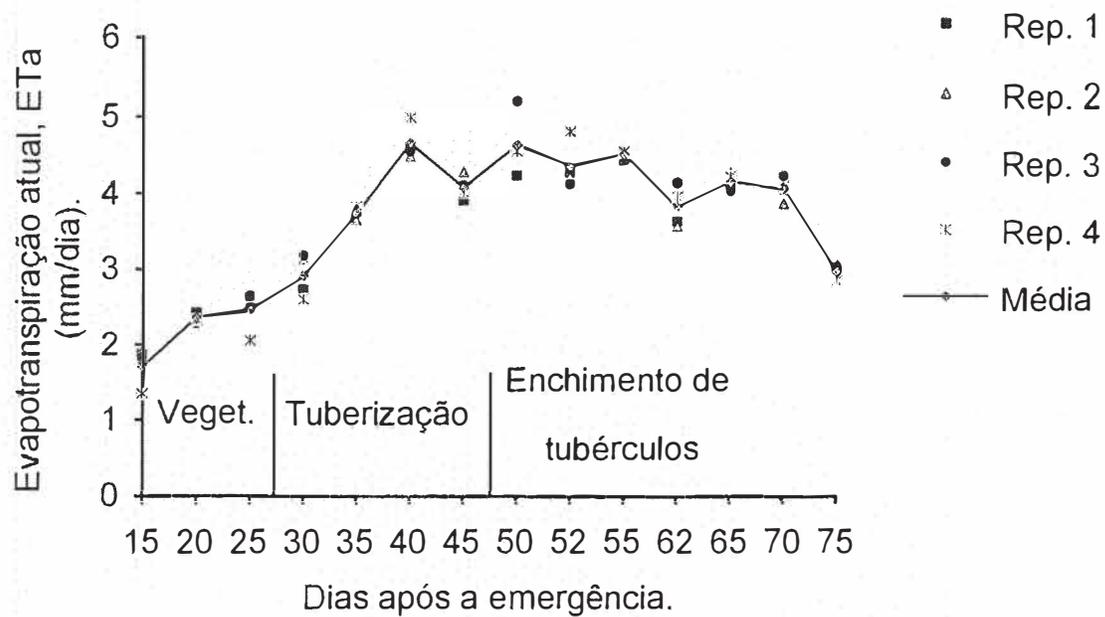


Figura 10. Variação da evapotranspiração da batata no tratamento 5.

Tabela 14. Valores dos componentes do balanço hídrico da cultura da batata no tratamento 5 - médias das repetições.

Nº	Período (dia / mes)	Duração (dia)	Fase fenológica	I (mm)	Q ₄₀ (mm)	ΔA (mm)	ETm (mm)	ETm _d (mm/dia)	Desvio padrão	CV (%)
1	06 a 11/out	6	vegetativa	4,6	-1,24	6,88	10,3	1,7	0,247	14,44
2	12 a 17/out	6	vegetativa	8,9	-0,09	5,34	14,2	2,4	0,070	3,01
3	18 a 21/out	4	vegetativa	4,3	0,60	4,93	9,9	2,5	0,283	11,53
4	22 a 24/out	3	tuberização	15,1	0,34	-4,69	10,8	3,1	0,289	9,92
5	25 a 28/out	4	tuberização	12,9	1,13	1,88	15,9	3,8	0,074	1,98
6	29/out a 02/nov	5	tuberização	21,1	0,01	1,01	22,1	4,7	0,224	4,81
7	03 a 08/nov	6	tuberização	24,6	-0,26	-1,92	22,4	4,1	0,158	3,88
8	09 a 12/nov	4	Enchim. Tuber.	16,6	1,11	0,86	18,6	4,6	0,412	8,89
9	13 a 17/nov	5	Enchim. Tuber.	19,7	1,26	0,81	21,7	4,4	0,314	7,21
10	18 a 23/nov	6	Enchim. Tuber.	21,2	-0,19	3,82	24,9	4,5	0,068	1,51
11	24 a 26/nov	3	Enchim. Tuber.	15,2	-0,54	-0,30	14,3	3,8	0,273	7,16
12	27 a 29/nov	3	Enchim. Tuber.	18,6	-0,16	-2,94	15,5	4,2	0,113	2,73
13	30/nov a 04/dez	5	Enchim. Tuber.	14,9	-0,09	1,38	16,1	4,1	0,152	3,75
14	05 a 10/dez	5	Enchim. Tuber.	11,8	0,19	2,87	14,8	3,0	0,097	3,30
TOTAL		65,00		209,5	2,08	19,92	231,5			
MÉDIA				15,0			16,5	3,6	0,20	6,01

Tabela 15. Valores, em mm, das evapotranspirações máxima (ET_m) e real (ET_a), irrigação (I) e produtividade real (Y_a) obtidos no tratamento 5 - médias das repetições.

Parâmetros	Estádio fenológico	Duração (dias)	Repetições				Média
			1	2	3	4	
Evapotranspiração(mm)							
ET _a	vegetativo	16	35,7	35,9	35,1	30,3	34,3
ET _m	tuberização	18	71,3	72,2	69,2	72,2	71,2
ET _m	Enchim. tuber.	31	122,3	123,8	128,5	128,7	125,9
	TOTAL	65	229,3	231,9	232,7	231,2	231,4
Irrigação (mm)							
	vegetativo	16	17,8	17,8	17,8	17,8	17,8
	tuberização	18	82,9	70,1	61,8	80,0	73,7
	Enchim. tuber.	31	117,0	119,3	124,8	110,4	117,9
	TOTAL	65	217,7	207,2	204,4	208,2	209,4
Produção (t / ha)							
Y _a			19,58	18,15	17,90	18,17	18,45

estudos realizados por STRUCHETEMEYER (1961), SALTER e GOODE(1967), MILLER e MARTIN (1987), DOORENBOS e KASSAM (1979) confirmam as conclusões obtidas, de que a redução ou suspensão das irrigações no estágio vegetativo pode não resultar em grandes perdas de produção em batatinha.

O tratamento 6 foi conduzido de maneira semelhante ao tratamento 1 apenas no estágio de tuberização, onde a irrigação ocorreu quando a umidade do solo atingia um valor médio de 26,2%, em termos de peso seco. Nos outros dois estádios ocorreram déficits hídricos. A Figura 11 mostra os valores de evapotranspiração atual e máxima da batata durante os 64 dias do estudo. O pico máximo de consumo verificou-se no estágio de tuberização, onde a cultura recebeu água normalmente. De um modo geral a evapotranspiração cresceu até o estágio de tuberização, caindo em seguida até a senescência. A Tabela 16 mostra os componentes médios do balanço hídrico obtidos das quatro repetições do tratamento 6. A Tabela 17 apresenta

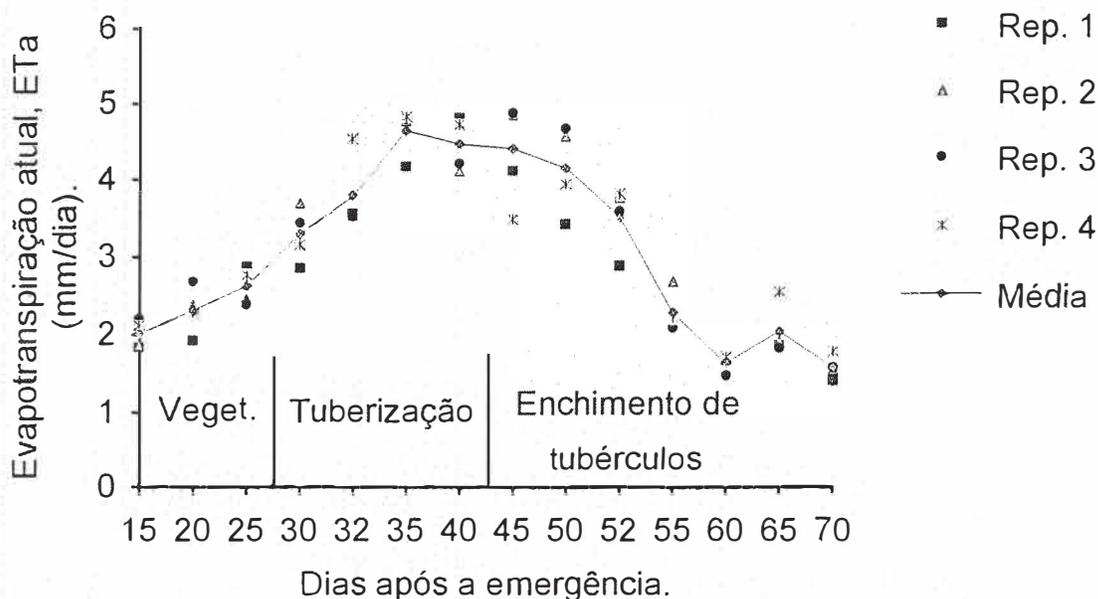


Figura 11. Variação da evapotranspiração da batata no tratamento 6.

Tabela 16. Valores dos componentes do balanço hídrico da cultura da batata no tratamento 6 - médias das repetições.

N ^o	Período (dia / mes)	Duração (dia)	Fase fenológica	I (mm)	Q ₄₀ (mm)	ΔA (mm)	ETm (mm)	ETm _d (mm/dia)	Desvio padrão	CV (%)
1	06 a 11/out	6	vegetativa	4,6	-1,07	8,25	11,8	2,0	0,183	9,11
2	12 a 17/out	6	vegetativa	8,9	1,31	3,67	13,9	2,3	0,309	13,36
3	18 a 21/out	4	vegetativa	4,3	2,00	4,19	10,5	2,6	0,232	8,87
4	22 a 24/out	3	tuberização	16,0	1,07	-6,46	10,6	3,3	0,363	11,06
5	25 a 28/out	4	tuberização	14,7	1,20	0,18	16,0	3,8	0,496	13,13
6	29/out a 02/nov	5	tuberização	17,8	1,26	4,14	23,2	4,6	0,312	6,74
7	03 a 07/nov	5	tuberização	21,9	0,86	-1,62	21,1	4,5	0,348	7,79
8	08 a 10/nov	3	tuberização	14,1	0,44	-1,33	13,2	4,4	0,797	18,07
9	11 a 13/nov	3	Enchim. Tuber.	9,9	0,05	3,35	13,3	4,2	0,581	14,01
10	14 a 16/nov	3	Enchim. Tuber.	5,9	0,08	5,29	11,3	3,5	0,432	12,31
11	17 a 20/nov	4	Enchim. Tuber.	8,6	-0,33	1,34	9,6	2,4	0,275	12,03
12	21 a 25/nov	5	Enchim. Tuber.	7,1	-0,14	1,20	8,2	1,6	0,110	6,72
13	26 a 29/nov	4	Enchim. Tuber.	9,4	-0,04	-1,85	7,5	2,0	0,348	17,07
14	30/nov a 06/dez	6	Enchim. Tuber.	6,6	-0,02	2,40	9,0	1,6	0,157	9,98
TOTAL		61,00		149,8	6,67	22,73	179,2			
MÉDIA				10,7			12,8	3,1	0,35	11,45

Tabela 17. Valores, em mm, das evapotranspirações máxima (ET_m) e real (ET_a), irrigação (I) e produtividade real (y_a) obtidos no tratamento 6 - médias das repetições.

Parâmetros	Estádio fenológico	Duração (dias)	Repetições				Média
			1	2	3	4	
Evapotranspiração(mm)							
ET _a	vegetativo	16	34,1	35,2	38,9	36,4	36,2
ET _m	tuberização	18	69,2	84,3	84,0	85,8	80,8
ET _a	Enchim. tuber.	27	58,0	61,0	59,1	57,3	58,8
	TOTAL	61	161,3	180,5	182,0	179,5	175,8
Irrigação (mm)							
	vegetativo	16	17,8	17,8	17,8	17,8	17,8
	tuberização	18	79,0	88,3	71,6	84,7	80,9
	Enchim. tuber.	27	47,5	47,5	47,5	47,5	17,5
	TOTAL	61	114,3	153,6	136,9	150,0	146,2
Produção (t / ha)							
y _a			10,98	10,20	10,24	10,34	10,44

os resultados acumulados do balanço hídrico, irrigação e evapotranspiração e as produtividades atuais das quatro repetições do tratamento 6. Os valores de E_t médios calculados nesse tratamento, nos estádios vegetativo e enchimento de tubérculos foram de 2,3 mm e 2,6 mm, respectivamente, e corresponderam a 76,7 % e 65,0 % das ET_m médias do tratamento 1, nesses mesmos estádios, originando déficits médios de evapotranspiração de 9,45mm em 16 dias no estágio vegetativo e de 58,4 mm em 27 dias, e produtividade média de 10,44 t/ha. Portanto, déficits em termos de ET_m parcial, de 23,3% no estágio vegetativo e de 35,0% no estágio de enchimento de tubérculos, geraram uma redução na produção de tubérculos por hectare da ordem de 11,07 toneladas, ou 51,5% de redução em relação ao tratamento 1, confirmando a importância do estágio de enchimento de tubérculos onde ocorreu o maior déficit. Resultados idênticos também foram observados em Idaho, por LARSEN (1982) com os cultivares Russet Burbank, Russet Lemki e Russet Nooksack e STARK e McCANN (1992), com o cultivar Russet Burbank.

O tratamento 7 caracterizou-se por não apresentar déficit hídrico apenas no estágio de enchimento de tubérculos. Nos estádios vegetativo e de tuberização houve redução na água aplicada, sendo fornecida metade da lâmina média das repetições do tratamento 1, nesses estádios. O comportamento da evapotranspiração atual e máxima da batata nos estádios estudados é mostrado na Figura 12. Nos estádios onde a cultura sofreu déficit a E_t não passou de 3 mm/dia. O pico máximo de consumo deu-se no estágio de enchimento de tubérculos onde a cultura passou a receber água normalmente. As Tabelas 18 e 19 apresentam os componentes médios do balanço hídrico até a profundidade de 40 cm e as produtividades reais obtidas nas quatro repetições e a média do tratamento. No estágio vegetativo a evapotranspiração atual média foi de 2,4 mm/dia em 16 dias, correspondendo a 80,0% da ET_m do tratamento 1 nesse estágio e no estágio de tuberização

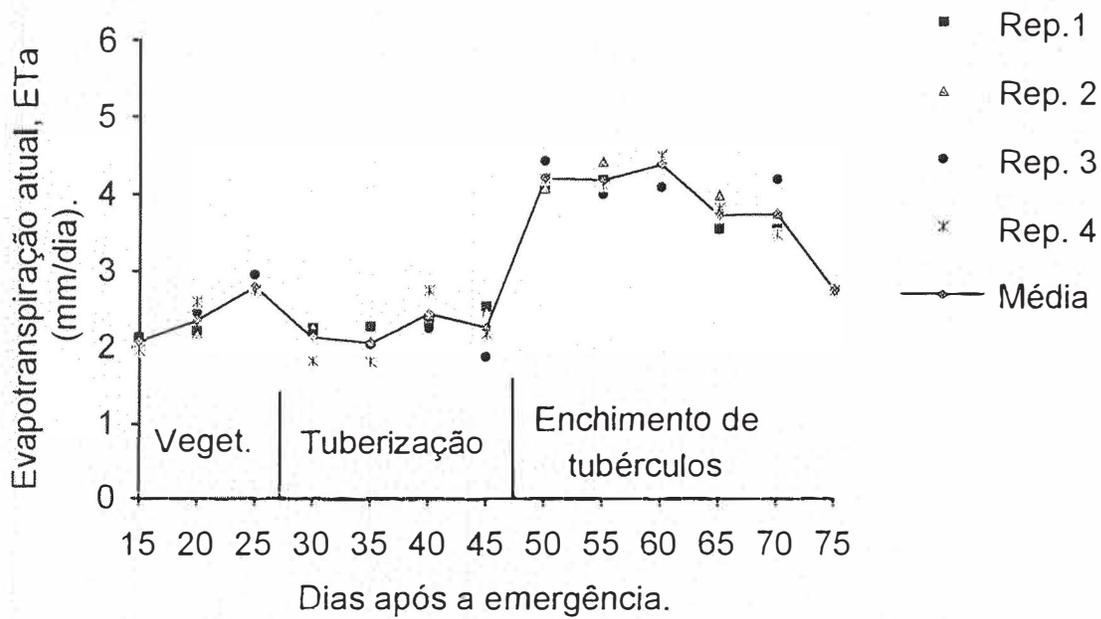


Figura 12. Variação da evapotranspiração da batata no tratamento 7.

Tabela 18. Valores dos componentes do balanço hídrico da cultura da batata no tratamento 7 - médias das repetições.

N ^o	Período (dia / mes)	Duração (dia)	Fase fenológica	I (mm)	Q ₄₀ (mm)	ΔA (mm)	ETm (mm)	ETm _d (mm/dia)	Desvio padrão	CV (%)
1	06 a 11/out	6	vegetativa	4,6	0,42	7,13	12,1	2,03	0,09	4,23
2	12 a 17/out	6	vegetativa	8,9	0,45	4,83	14,2	2,37	0,20	8,44
3	18 a 21/out	4	vegetativa	4,3	2,17	4,73	11,2	2,80	0,11	3,85
4	22 a 25/out	4	tuberização	5,8	1,09	1,64	8,5	2,14	0,21	10,04
5	26 a 30/out	5	tuberização	7,9	1,72	0,67	10,3	2,06	0,19	9,36
6	31/out a 04/nov	5	tuberização	6,3	0,45	5,52	12,3	2,46	0,22	8,81
7	05 a 08/nov	4	tuberização	9,0	0,14	-0,04	9,1	2,28	0,30	13,42
8	09 a 12/nov	4	Enchim. Tuber.	24,1	-0,03	-7,13	16,9	4,22	0,16	3,82
9	13 a 16/nov	4	Enchim. Tuber.	21,0	-0,57	-3,68	16,8	4,20	0,18	4,24
10	17 a 22/nov	6	Enchim. Tuber.	24,9	-0,33	1,88	26,4	4,40	0,20	4,57
11	23 a 29/nov	7	Enchim. Tuber.	25,4	-1,16	1,97	26,2	3,74	0,22	5,83
12	30/nov a 04/dez	5	Enchim. Tuber.	18,3	0,33	0,14	18,8	3,76	0,33	8,69
13	05 a 10/dez	4	Enchim. Tuber.	11,6	-0,19	2,42	13,8	2,76	0,01	0,54
TOTAL		64,00		172,1	4,50	20,07	196,6			
MÉDIA		4,92		13,2			15,1	3,01	0,19	6,60

Tabela 19. Valores, em mm, das evapotranspirações máxima (ET_m) e real (ET_a), irrigação (I) e produtividade real (y_a) obtidos no tratamento 7 - médias das repetições.

Parâmetros	Estádio	Duração (dias)	Repetições				Média
			1	2	3	4	
Evapotranspiração(mm)							
ET _a	vegetativo	16	35,9	36,4	39,4	38,4	37,5
ET _a	tuberização	18	42,5	41,6	37,7	39,0	40,2
ET _m	Enchim. tuber.	31	116,4	121,9	118,2	118,6	118,8
	TOTAL	65	194,8	199,9	195,3	196,0	196,5
Irrigação (mm)							
	vegetativo	16	17,8	17,8	17,8	17,8	17,8
	tuberização	18	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0
	Enchim. tuber.	31	128,5	122,4	125,4	124,2	125,1
	TOTAL	65	175,3	169,2	172,2	171,0	171,9
Produção (t / ha)							
y _a			11,74	13,43	12,72	12,63	12,63

foi de 2,3 mm/dia em 18 dias, equivalendo a 60,8% da ET_m neste estágio do tratamento 1. A produtividade média obtida nas condições a que foi submetido esse tratamento foi de 12,63 t/ha. Os déficits de 20,0% e de 39,2%, em termos de evapotranspiração máxima, nos estádios vegetativo e tuberização, respectivamente, causaram uma redução na produtividade de 8,88 t/ha (41,3% de redução em relação ao tratamento 1).

O tratamento 8 recebeu durante os três estádios fenológicos metade da lâmina média aplicada no tratamento 1 em cada irrigação. A Figura 13 mostra o comportamento da ET_a durante os 60 dias de estudo. A evapotranspiração real não chegou a 3 mm/dia, em nenhum período durante os 60 dias do balanço hídrico. O consumo máximo médio das quatro repetições foi de 2,5 mm/dia, ocorrendo no estágio de enchimento de tubérculos. Provavelmente, este aumento do consumo deu-se devido a lâmina de irrigação de 15,7 mm, a maior em relação aos outros períodos do balanço (Tabela 20). Os componentes do balanço hídrico acumulados, de evapotranspiração atual e lâmina de irrigação nos três estádios são indicados na Tabela 21. A evapotranspiração atual acumulada média, das quatro repetições, foi de 35,6 mm no estágio vegetativo, de 35,7 mm no estágio de tuberização e de 52,6 mm no estágio de enchimento de tubérculos, que corresponderam respectivamente a 78,3%, 52,9% e 44,9% da ET_m do tratamento 1, nos respectivos estádios fenológicos. A produtividade média obtida na condição de deficiência hídrica foi de 6,34 t/ha (Tabela 21). A redução na produtividade, devido ao déficit de ET foi de 15,17 t/ha (70,5% de redução em relação ao tratamento 1).

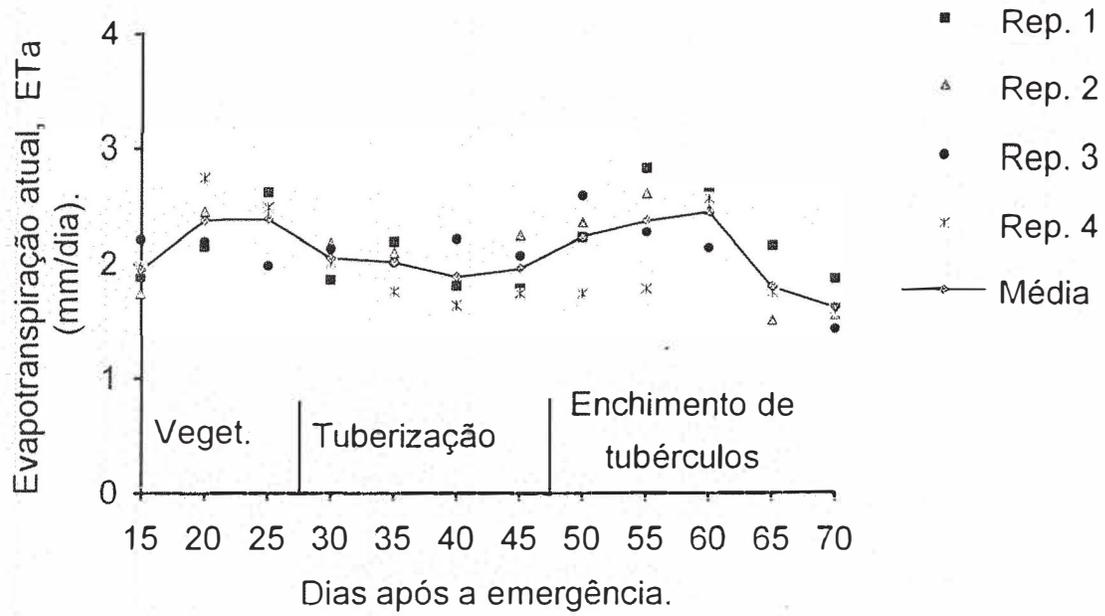


Figura 13. Variação da evapotranspiração da batata no tratamento 8.

Tabela 20. Valores dos componentes do balanço hídrico da cultura da batata no tratamento 8 - médias das repetições.

N ^o	Período (dia / mes)	Duração (dia)	Fase fenológica	I (mm)	Q ₄₀ (mm)	ΔA (mm)	ETm (mm)	ETm _d (mm/dia)	Desvio	CV (%)
1	06 a 11/out	6	vegetativa	4,6	-0,60	7,71	11,7	2,0	0,20	10,06
2	12 a 17/out	6	vegetativa	8,9	1,30	4,13	14,3	2,4	0,28	11,65
3	18 a 21/out	4	vegetativa	4,3	1,41	3,89	9,6	2,4	0,28	11,72
4	22 a 25/out	4	tuberização	5,8	0,80	1,63	8,2	2,1	0,14	6,93
5	26 a 30/out	5	tuberização	7,9	0,97	1,24	10,1	2,0	0,19	9,38
6	31/out a 04/nov	5	tuberização	6,3	0,41	2,76	9,5	1,9	0,25	13,09
7	05 a 08/nov	4	tuberização	9,0	-0,74	-0,39	7,9	2,0	0,24	12,33
8	09 a 12/nov	4	Enchim. Tuber.	9,9	-0,03	-0,89	9,0	2,3	0,36	16,19
9	13 a 16/nov	4	Enchim. Tuber.	5,9	-0,15	3,81	9,6	2,4	0,46	19,31
10	17 a 22/nov	6	Enchim. Tuber.	15,7	0,82	-1,52	14,8	2,5	0,22	8,85
11	23 a 29/nov	7	Enchim. Tuber.	9,4	1,05	2,25	12,7	1,8	0,27	14,81
12	30/nov a 04/dez	5	Enchim. Tuber.	6,6	0,16	-0,26	6,5	1,6	0,18	11,37
TOTAL		60,00		94,3	5,41	24,36	123,9			
MÉDIA				7,9			10,3	2,1	0,26	12,14

Tabela 21. Valores, em mm, da evapotranspiração real (ET_a), irrigação (I) e produtividade real (Y_a) obtidos no tratamento 8 - médias das repetições.

Parâmetros	Estádio	Duração (dias)	Repetições				Média
			1	2	3	4	
Evapotranspiração(mm)							
ET _a	vegetativo	16	34,8	35,1	34,3	38,4	35,6
ET _a	tuberização	18	34,7	37,9	38,1	32,1	35,7
ET _a	Enchim. tuber.	26	58,9	51,9	50,9	48,5	52,6
	TOTAL	60	128,4	124,9	123,3	119,0	123,9
Irrigação (mm)							
	vegetativo	16	17,8	17,8	17,8	17,8	17,8
	tuberização	18	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0
	Enchim. tuber.	26	47,5	47,5	47,5	47,5	47,5
	TOTAL	60	94,3	94,3	94,3	94,3	94,3
Produção (t / ha)							
Y _a			6,87	6,14	6,31	6,02	6,34

4.3. Efeito do déficit de água na produtividade da batata

4.3.1. Déficit de evapotranspiração relativa ($1-ET_a/ET_m$) e fator de sensibilidade ao déficit hídrico (K_y)

Na Figura 14 são mostradas as variações dos déficits de evapotranspiração relativa para cada estágio de desenvolvimento da batata, obtidos da média ponderada das quatro repetições, nos sete tratamentos que sofreram deficiência de água. Na interpretação da figura vê-se claramente que os déficits aplicados em cada estágio não foram os mesmos entre os tratamentos. No estágio vegetativo o déficit de evapotranspiração relativa variou entre 17 e 25%, onde o maior valor deu-se no tratamento 5, que provocou uma redução na produção da batata de apenas 14,2% em relação ao tratamento 1, sem déficit. No estágio seguinte, tuberização, o déficit de evapotranspiração relativa variou de 33 a 43,5%. O tratamento 3, caracterizado por déficit apenas no estágio tuberização, apresentou déficit de evapotranspiração relativa média de 33,4%, que gerou uma redução na produção de 60,1% em relação ao tratamento 1, do que se conclue que o completo suprimento de água nesse estágio é extremamente importante, não permitindo qualquer eliminação de irrigação. E no estágio de enchimento de tubérculos o déficit variou de 39 a 49%, havendo uma tendência maior de uniformidade de déficit entre tratamentos neste estágio. Apenas o tratamento 6 sofreu um déficit diferente (de aproximadamente 39,5%), enquanto os demais tiveram déficit entre 47 a 49%. O déficit de evapotranspiração relativa de 47,5% no tratamento 2, resultou uma redução na produção de tubérculos de 51,46%. A aplicação do déficit neste estágio, aproximadamente 1/3 maior que no estágio de tuberização causou redução em escala menor que o déficit aplicado no estágio de tuberização. Deduz-se que a existência de qualquer déficit no estágio de enchimento de tubérculos pode ser prejudicial à

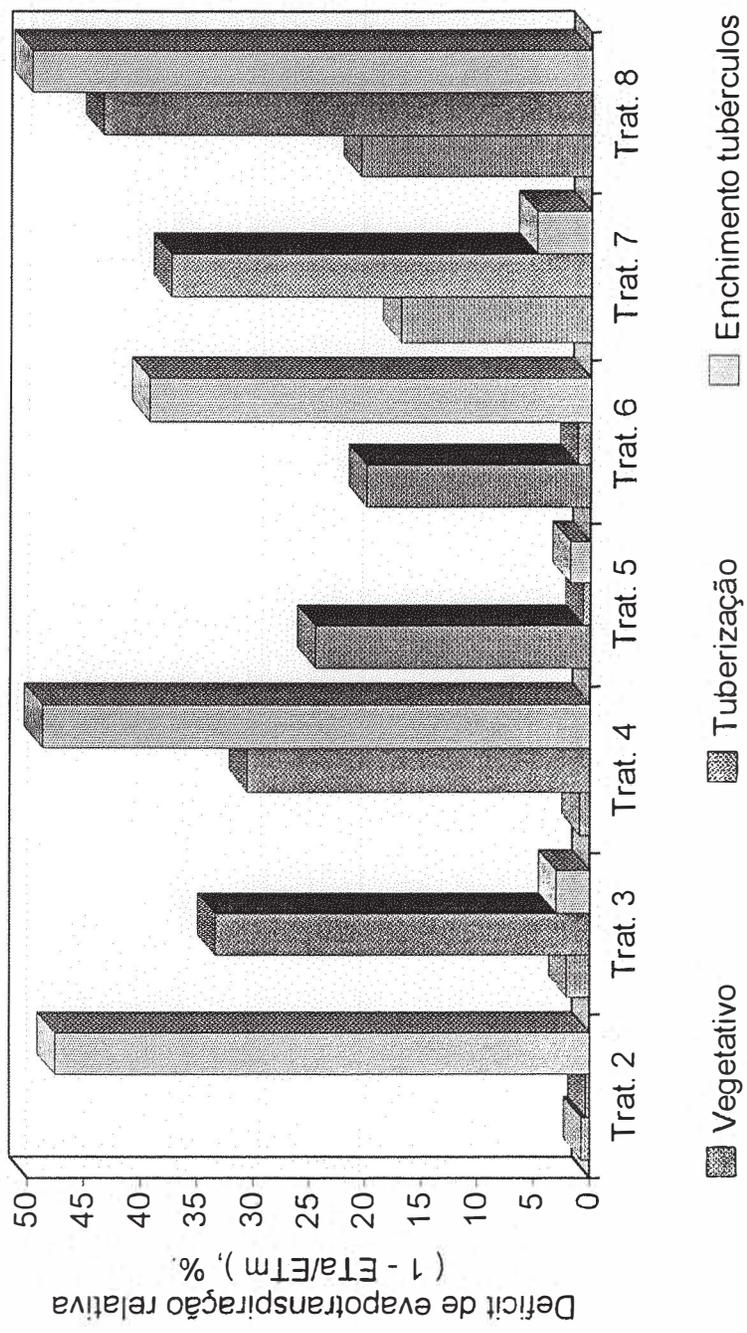


Figura 14. Relações ($1 - ETa / ETm$) durante os estádios fenológicos da batata nos tratamentos sob deficiência hídrica. (Médias das repetições)

produtividade geral, mas em menor escala que no estágio de tuberização.

Tratando de um trabalho de campo, no qual o controle do nível de água no solo é difícil, pode-se considerar que as variações de déficit hídrico dentro de um determinado estágio foram relativamente pequenas entre os diferentes tratamentos. Já a variação do déficit de evapotranspiração entre as diferentes fases foram grandes, em consequência das diferenças de duração dos estádios e das características de cada tratamento.

Os resultados confirmaram as observações de STRUCHETEMEYER (1961), LIS et al. (1964), HUKKERI et al. (1975), HARRIS (1978), DOORENBOS e KASSAM (1979), JANA et al. (1989) e outros, de que o efeito do déficit hídrico sobre a produtividade da batata varia com o estágio do ciclo fenológico da cultura e que as maiores reduções na produtividade ocorrem na fase de estolonização e início da tuberização. Quanto aos tratamentos que foram submetidos a déficits em dois ou três estádios, a interpretação da Figura 14 revela que o tratamento 8 apresentou maior déficit de evapotranspiração relativa acumulada, o que resultou na redução do rendimento de 70,5%, em média, em relação ao tratamento 1. Para os tratamentos que sofreram deficiência de água em dois estádios fenológicos, o tratamento 4 com déficits de evapotranspiração relativa de 30,5% no estágio de tuberização e de 48,7% no estágio de enchimento de tubérculos resultou uma redução na produção de 65,9%, maior que nos outros tratamentos que também tiveram deficiência em dois estádios fenológicos. Para os tratamentos 6 e 7, onde ambos tiveram déficit de evapotranspiração relativa no estágio vegetativo, a redução na produção foi de 48,16% no tratamento 6, que teve déficits de evapotranspiração relativa de 19,93% no estágio vegetativo e de 39,28% no estágio de enchimento de tubérculos, maior que no tratamento 7, onde os déficits de evapotranspiração relativa de 16,95% no estágio vegetativo e de 37,39% no estágio tuberização causaram a redução da produção de 41,28%.

A Tabela 22 apresenta os dados médios de ET_a , ET_m , y_a , y_m , $(1-ET_a/ET_m)$, $(1-y_a/y_m)$ e os coeficientes de sensibilidade K_y médios calculados para cada tratamento sob deficiência de água nos estádios fenológicos da batata. De acordo com DOORENBOS e KASSAM (1979), quanto maior o valor de K_y , maiores são as perdas no rendimento da cultura em condições de deficiência hídrica. Interpretando os valores médios de K_y dos tratamentos 2, 3 e 5 que foram submetidos a deficiência hídrica em apenas um estágio fenológico da cultura, constata-se que a redução relativa da produtividade da batata, em consequência do déficit hídrico foi mais acentuada no estágio de tuberização (tratamento 3), com valor de $K_y = 1,5$. A intensidade desse efeito no tratamento 2, com déficit no estágio de enchimento de tubérculos, foi menor que no tratamento 3, com $K_y = 0,9$. O déficit hídrico sobre o rendimento teve um efeito menos acentuado no estágio vegetativo (tratamento 5), com $K_y = 0,6$, valor menor que nos outros estádios. A deficiência hídrica no estágio vegetativo deu-se apenas a partir da segunda parte do estágio, não se podendo afirmar qual seria o efeito sobre o valor de K_y se o déficit fosse aplicado a partir do início do estágio vegetativo. A tendência de variação do fator sensibilidade ao déficit hídrico ao longo dos estádios fenológicos estudados é a mesma encontrada no trabalho de DOORENBOS e KASSAM (1979), mas o valor para o estágio de tuberização é bastante diferente ($K_y = 0,8$ para a FAO, contra $K_y = 1,5$ para o presente estudo). O mesmo acontece com os estádios de enchimento de tubérculos ($K_y = 0,7$ para a FAO, contra $K_y = 0,9$ para o presente estudo) e vegetativo ($K_y = 0,45$ para a FAO, contra $K_y = 0,6$), mas com discrepância menor. Considera-se que um K_y inferior a 1 significa baixa sensibilidade da cultura ao estresse, o que parece não acontecer com a batata.

Os valores de K_y apresentados pela FAO para os estádios mais críticos, principalmente no de tuberização, parecem discutíveis, pois indicam uma sensibilidade da cultura ao estresse menor do que se verifica na prática e

Tabela 22. Valores de $(1 - ET_a/ET_m)$ e $(1 - y_a/y_m)$ e do fator de sensibilidade K_y do cultivar Monalisa nos tratamentos sob estresse hídrico. (Médias das repetições)

Tratamento	ET_a	ET_m	ET_a/ET_m	$(1 - ET_a/ET_m)$	y_a	y_m	y_a/y_m	$(1 - y_a/y_m)$	K_y
T ₂	56,1	119,2	0,479	0,521	11,04	21,51	0,513	0,487	0,9
T ₃	41,0	67,5	0,607	0,393	8,63	21,51	0,401	0,599	1,5
T ₄	100,1	184,7	0,542	0,458	7,44	21,51	0,346	0,654	1,4
T ₅	34,3	45,6	0,752	0,248	18,45	21,51	0,858	0,142	0,6
T ₆	95,0	162,8	0,584	0,416	10,44	21,51	0,485	0,515	1,2
T ₇	77,7	113,1	0,687	0,313	12,63	21,51	0,587	0,413	1,3
T ₈	123,9	230,3	0,538	0,462	6,34	21,51	0,294	0,706	1,5

ET_a, ET_m : evapotranspiração real e máxima, em mm/dia, respectivamente.

y_a, y_m : produção real e máxima, em t/ha, respectivamente.

conflita inclusive com a própria inclusão da cultura pela FAO no grupo das mais sensíveis à depleção da água no solo. Deve-se ressaltar que os valores de K_y apresentados por DOORENBOS e KASSAM (1979) são genéricos para a espécie, não levando em conta peculiaridades dos cultivares, mas mesmo assim, as diferenças de K_y aqui encontrados em relação aos valores dado pela FAO, no estágio de tuberação, não são justificados somente por diferenças varietais. STARK e McCANN (1992), impondo déficits hídricos apenas na fase de enchimento de tubérculos, mas dividindo essa fase em três subfases (início, meio e final), encontraram valores de K_y entre 0,69 e 1,00, dependendo em que subfase ocorreu o déficit correspondente a 20% de ET_m . O fato é que o conceito de K_y merece maiores investigações, principalmente quanto aos desvios da linearidade, assumida existir entre $(1 - ET_a/ET_m)$ e $(1 - y_a/y_m)$, na faixa de valores de déficit de evapotranspiração entre 0 e 0,5. Independente destes problemas, os resultados obtidos mostram que o efeito do déficit hídrico na produtividade da batata é maior no estágio de tuberação, decrescendo no estágio de enchimento de tubérculos e alcançando menor valor no estágio vegetativo, confirmando as observações feitas por DOORENBOS e KASSAM (1979), LARSEN (1984) e STARK e McCANN (1992).

Nos tratamentos com deficiência hídrica em mais de um estágio fenológico, os valores dos coeficientes de sensibilidade K_y foram maiores que 1 em todos os tratamentos. O tratamento 8, que foi submetido à deficiência de água nos três estádios fenológicos, apresentou o maior valor de K_y . Nos tratamentos com deficiência em dois estádios, o maior valor de K_y deu-se no tratamento 4, caracterizado por déficit hídrico nos estádios tuberação e enchimento de tubérculos, o que era esperado tendo em vista que o peso do déficit hídrico nesses estádios é maior que nos estádios vegetativo e tuberação ou vegetativo e enchimento de tubérculos. O valor de K_y no

tratamento 4 é aproximadamente igual ao produto entre os valores dos tratamentos 2 e 3, que sofreram deficiência hídrica nos estádios enchimento de tubérculos e tuberização, respectivamente. A tendência de diminuição dos valores de K_y quando se tem déficit em dois ou três estádios é justificável quando se tem valores de K_y menores que 1 em um ou dois estádios, como é o caso do presente estudo, se considerado um efeito multiplicativo. Entretanto, nos casos dos tratamentos 6, 7 e 8, a multiplicação dos valores de K_y obtidos nos tratamentos em que o déficit foi imposto em cada estágio isoladamente, não conduz ao valor igual ao obtido para os tratamentos com déficit em mais de um estágio. Esta igualdade não foi verificada entre o valor de K_y do tratamento 7 confrontado com a multiplicação dos valores de K_y para os tratamentos 3 e 5, nem com o tratamento 6 com o tratamento 2 e 5 e o tratamento 8 com os tratamentos 2, 3 e 5, sendo os produtos sempre menores que os valores de K_y encontrados nos tratamentos 6, 7 e 8. A literatura mostra que não há consenso entre os autores de como os efeitos do déficit hídrico em cada estágio fenológico se traduzem num efeito geral sobre a produtividade, isto é, se seria um efeito multiplicativo, fato não constatado em alguns dos tratamentos aqui estudados, aditivo ou de outra natureza (STEWART et al., 1975 ; VAUX et al., 1981).

4.3.2. Evolução do grau de déficit hídrico

Com a finalidade de se ter a evolução do grau de déficit hídrico com base em medidas da água disponível no solo, utilizou-se o índice definido pela eq. (27). As Figuras 15 e 16 mostram a evolução temporal desse índice calculado a partir da lâmina de água disponível na camada de solo de 0 a 20 cm de profundidade. Constata-se nos tratamentos 5, 6, 7 e 8 (Figura 16), que tiveram redução parcial na lâmina de irrigação no estágio vegetativo, variações decrescentes mais acentuadas do índice, alcançando valores negativos no final do estágio vegetativo, mostrando que houve pequeno esgotamento da água

disponível no final desse estágio. Para os tratamentos de 1 a 4, que não sofreram deficiência hídrica nesse estágio, a variação da diferença $[AD/CAD - (1 - p)]$ foi menor e dentro do limite permissível de consumo da água disponível do solo correspondente ao reinício das irrigações. No estágio seguinte, tuberização, os tratamentos 7 e 8, ainda sob deficiência hídrica, alcançaram valores mais negativos da diferença $[AD/CAD - (1 - p)]$, evidenciando esgotamento da fração p em quase todos os dias do estágio (Figura 16). Para os tratamentos 3 e 4, que passaram a sofrer deficiência hídrica nesse estágio, observa-se também, condições semelhantes de esgotamento da fração p (Figura 15), porém em menor grau que os tratamentos 7 e 8.

No estágio de enchimento de tubérculos, os tratamentos 4 e 8, que estavam sob deficiência hídrica no estágio anterior, alcançaram valores

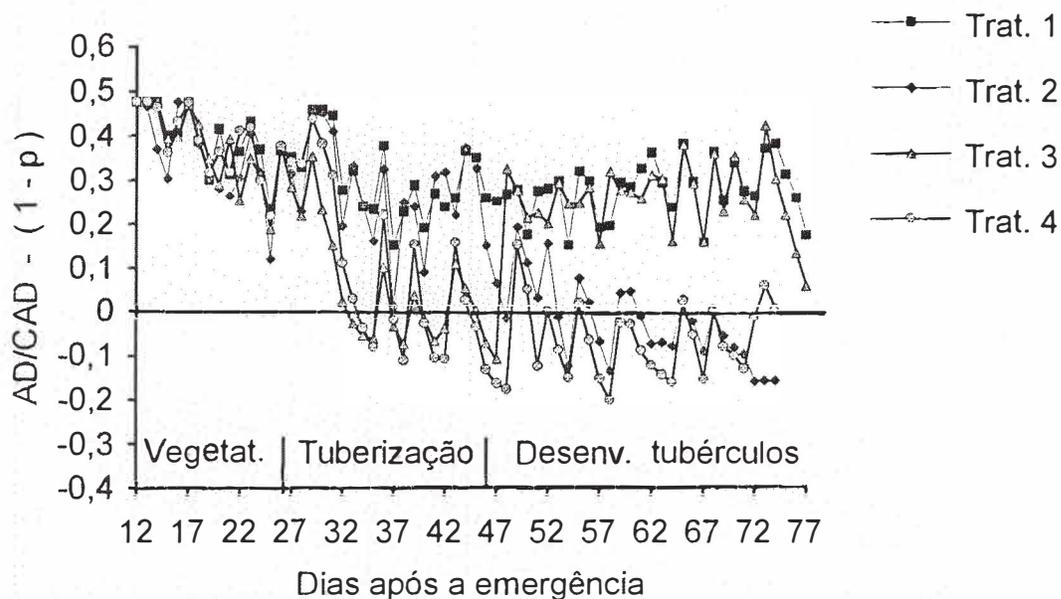


Figura 15. Variação da relação $[AD/CAD - (1 - p)]$ nas parcelas dos tratamentos 1, 2, 3 e 4, nos estádios fenológicos da batata (out. a dez. /1993). Médias da repetições.

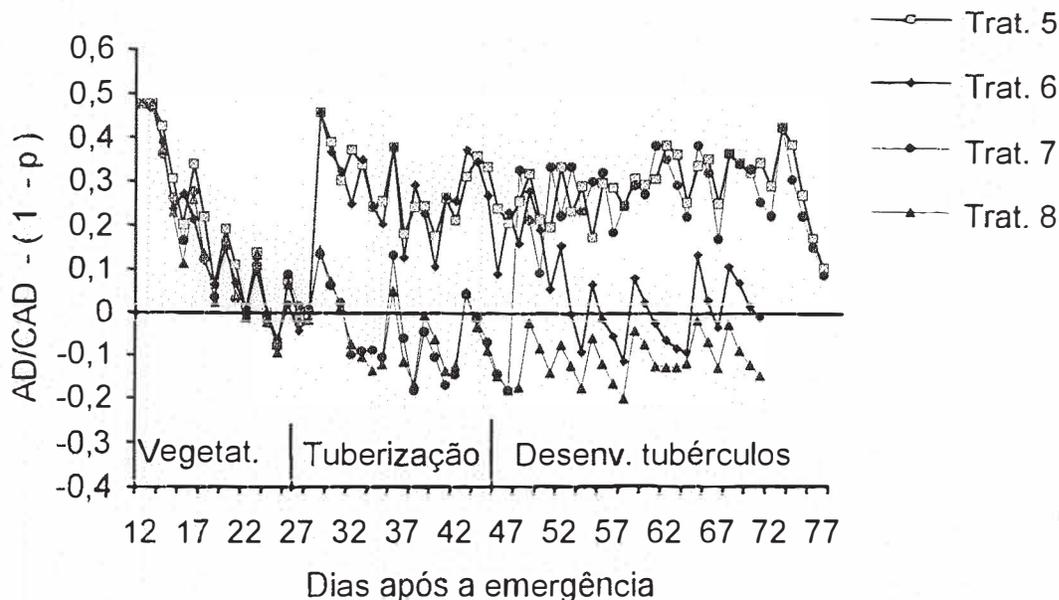


Figura 16. Variação da relação [$AD/CAD - (1 - p)$] nas parcelas dos tratamentos 5, 6, 7 e 8, nos estádios fenológicos da batata (out. a dez. /1993). Médias das repetições.

mais negativos da diferença [$AD/CAD - (1 - p)$], constatando esgotamento da fração p durante todo o estágio. Os tratamentos 2 e 6, nos quais nesse estágio as lâminas de irrigação foram reduzidas, apresentaram valores negativos das diferenças [$AD/CAD - (1 - p)$], porém em menor número de dias que os tratamentos 4 e 8, constatando-se também, esgotamento da fração p .

A Figura 17 mostra a relação entre os dois índices de deficiência hídrica utilizados neste trabalho para cada estágio. Verifica-se não existir uma só proporcionalidade entre os dois índices na gama de valores encontrados. Pode-se visualizar duas relações diferentes, uma envolvendo a fase vegetativa, na qual o déficit de evapotranspiração varia bastante com a variação do índice de estresse no solo, enquanto que nas duas outras fases a variação do déficit de evapotranspiração é mais lenta com o aumento do valor negativo acumulado do índice de déficit hídrico do solo.

Várias causas podem estar contribuindo para tal tipo de relação.

Em primeiro lugar tratam-se de índices conceitualmente diferentes, um de valores relativos e outro de valores acumulativos, cada um com suas próprias fontes de erro. Além disso, a magnitude dos déficits foi diferenciada de acordo com as fases, sendo relativamente pequena na fase vegetativa e de média a relativamente elevada nas outras duas fases. Pode-se especular, também, que a falta de linearidade na relação entre os dois índices na gama de variação dos valores observados seja causada pelos mecanismos fisiológicos de controle de perda de água pela cultura, ou seja, conforme acentua-se o grau de deficiência hídrica no solo, a planta aumenta sua resistência à perda de água na forma de vapor; por exemplo, com o aumento do índice de estresse no solo, o incremento no déficit de evapotranspiração é proporcionalmente muito menor na faixa de valores de índice do solo acima de -0,5, quando comparado com a faixa de 0 a -0,5.

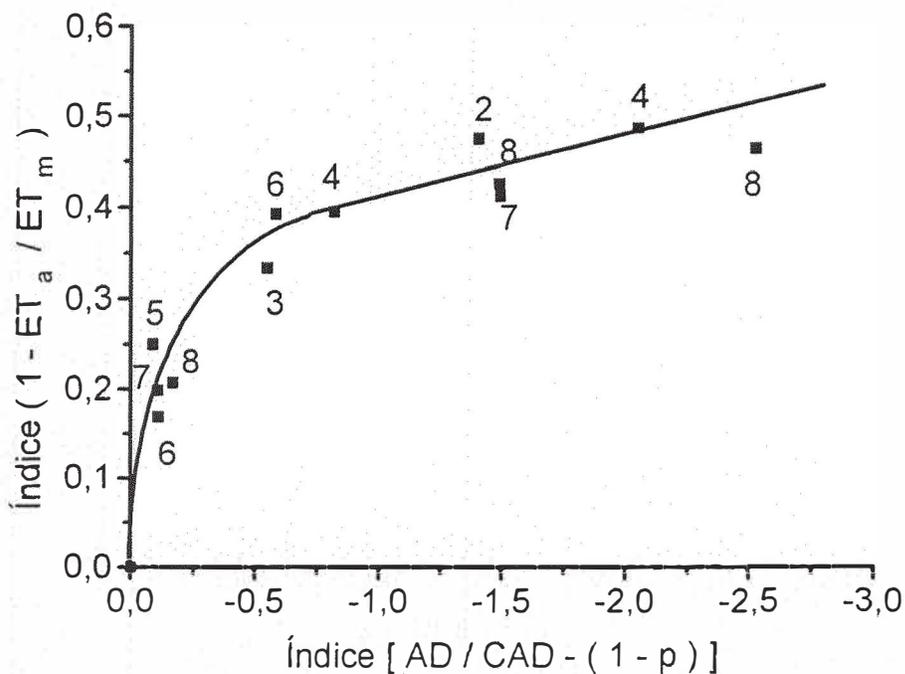


Figura 17. Curva da relação entre o índice déficit de evapotranspiração relativa ($1-ET_a/ET_m$) e o índice $[AD/CAD - (1-P)]$, obtidos nos oito tratamentos.

4.4. Coeficientes da cultura (kc)

Os valores dos coeficientes de cultura foram obtidos através da eq. (25), a partir dos dados de evapotranspiração máxima da batata (ET_m) do tratamento 1 e dos de evapotranspiração de referência (ET_o) estimada pelos métodos climáticos propostos na metodologia.

4.4.1. Valores das evapotranspirações de referência (ET_o)

A evapotranspiração de referência foi estimada diariamente durante os dias do balanço. Os dados diários foram agrupados nos mesmos períodos usados para o balanço hídrico, resultando média por período. A evapotranspiração de referência média estimada pelos métodos de Penman, Radiação, Thornthwaite, Tanque Classe A com coeficientes de tanque sugerido pela FAO (ET_{o1}) e com os coeficientes estimados pela eq. (10) (ET_{o2}), para os 13 períodos, são mostrados na Tabela 23.

As leituras da evaporação medidas diariamente no tanque classe A, da estação Meteorológica da ESALQ, foram relacionadas a ET_o , através do coeficiente de ajuste K_{pan} . Os valores de K_{pan} estimados a partir da recomendação da FAO (1979) foram superestimados em relação aos valores obtidos pela eq. (10) na maioria dos dias do balanço (APÊNDICE 3), conseqüentemente, a ET_o , obtida a partir do K_{pan} da FAO, foi superior na maioria dos períodos do balanço. Comparando os valores de evapotranspiração de referência estimados pelos métodos propostos, verifica-se que o método do tanque classe A com o K_{pan} da FAO apresentou maiores valores de ET_o em relação aos outros métodos.

A análise estatística dos resultados apresentados na Tabela 23, feita pelo teste de variância de Friedman, apresentado por CAMPOS (1983), tomando como bloco cada período para confronto dos cinco métodos

utilizados e complementando as conclusões obtidas, com a aplicação do teste de comparações múltiplas bilaterais, adotando como referência o método do Tanque Classe A com Kpan da FAO, revelou que existe forte evidência de diferença de comportamento entre os métodos ao nível mínimo de significância menor que 0,5%. As comparações múltiplas feita entre os valores de ETo com o método de referência, mostraram que ao nível mínimo de significância de 5%, os valores obtidos pelos métodos de Penman, Radiação e Thornthwaite são menores que o método do Tanque Classe A com Kpan sugerido da FAO. Esses resultados concordam em parte com os obtidos por ENCARNAÇÃO (1980) , em que os valores da evapotranspiração estimados pelo método da radiação foram inferiores aos de evapotranspiração estimados a partir do Tanque Classe A. Mas discordam com os resultados de BARBIERI (1981) que não encontrou diferenças significativas entre os métodos Penman, Tanque Classe A e Radiação.

4.4.2. Valores dos coeficientes da cultura (kc)

Na Tabela 24 tem-se os valores dos coeficientes de cultura da batata durante todo o ciclo. A análise de correlação feita com o teste de Kendall ,apresentado por CAMPOS (1983), tomando como referência os valores de Kc obtidos a partir do método do tanque classe A com os valores de Kpan da FAO, confrontando-o com os outros métodos, revelou alta evidência de correlação positiva entre os métodos. Os coeficientes de correlação de Kendall, entre o método de referência com os métodos de Penman, tanque Classe A com Kpan estimado a partir da eq. (10), radiação solar e Thornthwaite foram 0,79; 0,77; 0,67 e 0,59, respectivamente.

A representação gráfica da variação dos coeficientes de cultura, no decorrer dos estádios fenológicos da batata, é mostrada na Figura 18. Os valores tenderam a aumentar desde o estágio vegetativo até o final da tuberização,

com exceção do Kc determinado a partir da expressão de Thornthwaite, onde o pico ocorreu no início do estágio de enchimento de tubérculos. A partir do pico máximo, observa-se tendência geral de queda gradual no Kc, atingindo um valor mínimo no final do ciclo, decorrente da cultura ter atingido o final do período de crescimento e/ou início da maturação. A tendência observada nos valores dos coeficientes da cultura da batata foram também constatada por ENCARNAÇÃO (1987), DOORENBOS e KASSAM (1979) e FRANKE e KONIG (1994). Entretanto, os valores encontrados nesta pesquisa diferem dos obtidos pelos autores citados (Tabela 25). Os valores médios de Kc obtidos nos estádios vegetativo e tuberização na presente pesquisa, foram sempre maiores que os encontrados por ENCARNAÇÃO(1987) e FRANKE e KONIG(1994) pelos métodos propostos, com exceção do valor de Kc obtido por FRANKE e KONIG (1994), pelo método do tanque classe A no estágio de tuberização, que foi 46% maior que o encontrado no presente trabalho. No estágio de enchimento de tubérculos, os valores de Kc encontrados na pesquisa foram todos inferiores aos obtidos pelos autores acima e variaram de 46 a 70%. Os valores de Kc da FAO (1979) aproximaram-se mais dos obtidos pelos métodos de Thornthwaite e da Radiação Solar, nesta pesquisa. Além do método de estimativa de ETo ser fonte de diferenças entre os valores de Kc, provavelmente, as diferenças observadas devem-se às condições edafoclimáticas e de variedades.

A curva representativa do Kc obtida usando a ETo do método de Thornthwaite, apresentou valores de Kc que destoaram do conjunto, pois a tendência foi aumento gradual nos valores de Kc e nessa curva ocorreu uma redução nos valores de Kc nos períodos 4 e 7. ENCARNAÇÃO (1987), observou também, estas variações na curva de Kc obtido a partir da ETo do método de Thornthwaite em relação aos outros métodos utilizados.

Tabela 23. Valores da evapotranspiração de referência obtidos pelos métodos Penman, Radiação, Thornthwaite e Tanque Classe A durante o balanço hídrico da cultura da batata.

Período	Evapotranspiração de referência				
	Penman	Radiação	Thornthwaite	Tanque Classe A	
				ET ₀₁	ET ₀₂
1	4,23	4,50	3,75	5,05	4,71
2	3,90	3,80	4,16	4,32	4,41
3	4,78	4,38	4,53	5,64	5,56
4	3,11	2,74	4,22	3,61	3,61
5	5,00	3,40	3,68	5,11	4,09
6	5,03	4,42	4,43	6,30	5,40
7	3,79	3,34	4,12	4,18	3,44
8	5,18	4,58	4,01	5,88	5,49
9	5,01	4,56	5,32	5,93	6,23
10	5,85	5,07	4,87	6,06	5,17
11	5,21	4,05	4,61	6,04	5,24
12	5,80	4,79	5,61	7,63	7,34
13	4,81	3,68	5,62	5,51	5,38

ET₀₁ : Calculada com valores de Kpan fornecidos pela FAO (1979).

ET₀₂ : Calculada com valores de Kpan fornecidos pela eq. (10), apresentada por PEREIRA et al. (1994).

Tabela 24. Valores dos coeficientes de cultura da batata nos estádios fenológicos, obtidos a partir das ETo estimadas pelos métodos propostos.

Período	Estádio Fenológico	Coeficiente de cultura (Kc)				
		Penman	Radiação	Thornthwaite	Tanque Classe A	
					ET _{o1}	ET _{o2}
1	vegetativo	0,53	0,51	0,61	0,46	0,49
2	vegetativo	0,73	0,75	0,69	0,66	0,65
3	vegetativo	0,77	0,84	0,81	0,65	0,66
4	tuberização	0,82	0,93	0,60	0,70	0,70
5	tuberização	0,73	1,07	0,99	0,71	0,89
6	tuberização	0,96	1,09	1,09	0,77	0,90
7	tuberização	0,99	1,12	0,91	0,90	1,09
8	Enchimento tubérculos	0,88	0,99	1,13	0,77	0,83
9	Enchimento tubérculos	0,87	0,96	0,82	0,74	0,70
10	Enchimento tubérculos	0,79	0,91	0,94	0,76	0,89
11	Enchimento tubérculos	0,69	0,88	0,78	0,59	0,68
12	Enchimento tubérculos	0,67	0,81	0,69	0,51	0,53
13	Enchimento tubérculos	0,62	0,81	0,53	0,54	0,56

Tabela 25. Valores dos coeficientes de cultura(Kc), obtidos por ENCARNAÇÃO (1981) , FRANKE e KONIG (1994) e no presente estudo, determinados pelos métodos propostos e recomendados pela FAO (1979) , por estádios fenológicos da batata(*Solanum tuberosum*, L.).

Métodos	Penman		tanque classe			Thorntwaite		Radiação		FAO
	1	3	A	1	2	3	1	3		
Estádios										
vegetativo	0,44	0,65	0,48	0,51	0,58	0,52	0,74	0,47	0,73	0,75
tuberização	0,60	0,86	0,64	1,43	0,77	0,54	0,93	0,65	0,92	1,15
enchimento de tubérculos	1,50	0,73	1,44	1,01	0,68	1,94	0,90	1,23	0,80	0,90

1 - Valores obtidos por ENCARNAÇÃO (1981).

2 - Valores obtidos por FRANKE e KONIG (1994).

3 - Valores obtidos no presente estudo.

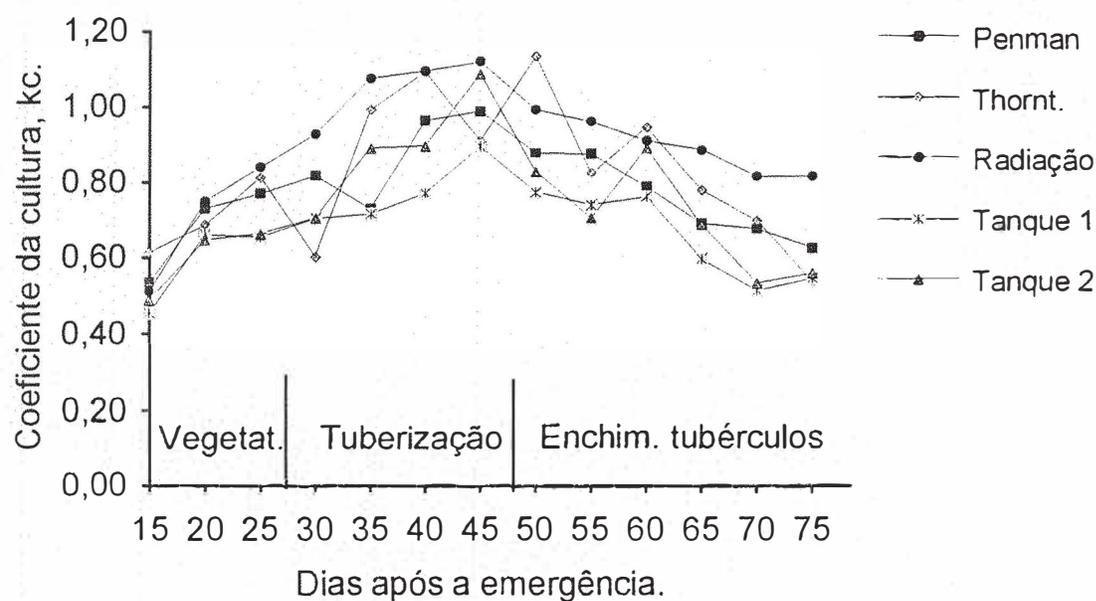


Figura 18. Variação dos coeficientes de cultura da batata nos estádios fenológicos.

4.5. Análise estatística da produção

4.5.1. Tamanho e produção de tubérculos

As percentagens médias de tubérculos, por classes de tamanho do diâmetro transversal, para os oito tratamentos são mostrados na Figura 19. As maiores percentagens de tubérculos graúdos (diâmetro > 45mm) foram obtidas nos tratamentos 1 (49%) e 5 (41%), caracterizados por não sofrerem déficits hídricos nos estádios de tuberização e enchimento de tubérculos; a menor percentagem de tubérculos graúdos e a maior de tubérculos de menor diâmetro foi verificada no tratamento 4, seguidos do 2 e 3, nos quais os déficits ocorreram nos estádios de tuberização e enchimento de tubérculos. Curiosamente, o tratamento 8 apresentou 9% a mais de tubérculos graúdos que o tratamento 4, do qual ele diferenciou por apresentar déficit também na fase vegetativa, embora em termos de números de tubérculos o efeito do estresse hídrico tenha sido bem mais pronunciado no tratamento 8. Constatase que o estresse hídrico aumentou a percentagem de tubérculos de tamanho médio e pequeno conforme já verificado por SEGOVIA et al. (1972), DAR & ROSÁRIO (1981) e SOOD (1984), que constataram aumento da produção de tubérculos das classes de diâmetro entre 23 a 33 mm e entre 20 a 23 mm devido ao estresse hídrico.

Os parâmetros estatísticos obtidos através da análise de variância das produções médias totais, dos oito tratamentos, são apresentados na Tabela 26. Ao nível de significância de 0,01 o valor de $F_{(7, 20)}$ é 3,70. Portanto pela Tabela 26, verifica-se que o valor de $F = 266,29$ é significativo ao nível de 1%, constatando assim, a existência estatística de diferenças entre as produções médias dos tratamentos. A análise estatística para comparar contrastes das médias estimadas, feita com o teste "t" de Student ao nível de 5% de significância, constatou que com exceção dos tratamentos 2 e

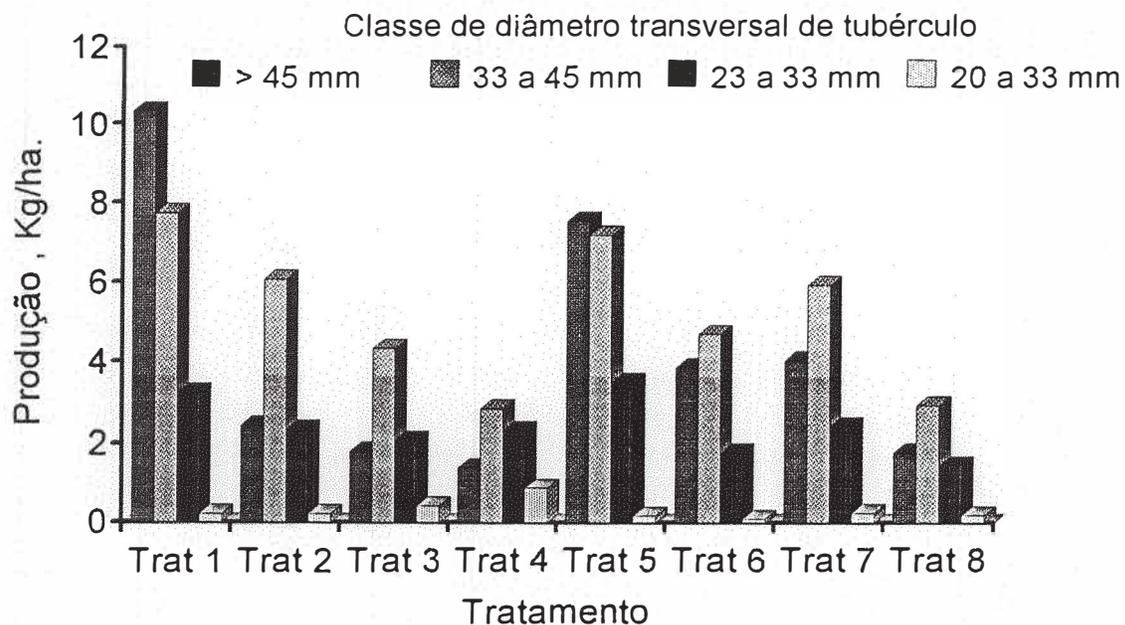


Figura 19. Produção total média de tubérculos, por classes de tamanho nos oito tratamentos.

Tabela 26. Análise de variância para os dados de produção total de tubérculos de batata dos oito tratamentos.

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	3	2,206	0,735	1,77
Tratamentos	7	775,455	110,779	266,29**
Resíduo	20	8,336	0,416	
Total	30	785,997		
C.V. (%)	5,29			

6, todos os outros tratamentos são significativamente diferentes ao nível de 0,05 , conforme pode ser observado a seguir :

Trat.	1	5	7	2	6	3	4	8
Prod. (t / ha)	21,51 _a	18,45 _b	12,63 _c	11,04 _d	10,44 _{de}	8,63 _f	7,44 _g	6,34 _h

Os tratamentos 2 e 6 deram resultados estatisticamente iguais (resultados seguidos pela mesma letra não diferem ao nível de 5%), enquanto os outros tratamentos apresentaram resultados distintos entre si. Conclue-se que, estatisticamente, os tratamentos 2 e 6 que sofreram déficits hídricos na fase de desenvolvimento de tubérculos, não diferem entre si, evidenciando portanto, que o déficit ocorrido no estágio vegetativo no tratamento 6, não provocou efeito negativo sobre as plantas com relação ao tratamento 2.

4.5.2. Número de tubérculos por planta (NT/P).

Os números médios de tubérculos por planta para os tratamentos são apresentados na Figura 20. Os parâmetros estatísticos resumidos, obtidos através da análise de variância dos números médios de tubérculos são expostos na Tabela 27.

Analisando os resultados ao nível significativo de 0,01, com valor de $F_{(7, 20)} = 3,70$, constata-se que o valor de $F = 13,13$ na Tabela 26 é significativo ao nível de 1%. O teste "t " de Student evidenciou diferenças significativas, ao nível de 5% , nos números médios de tubérculos por planta entre tratamentos, conforme pode ser verificado abaixo:

Trat.	1	5	7	4	2	3	6	8
NT/P	9,5 _a	8,5 _{ab}	7,2 _{bc}	6,2 _{cd}	5,7 _{de}	5,6 _{def}	5,2 _{defg}	4,4 _{efh}

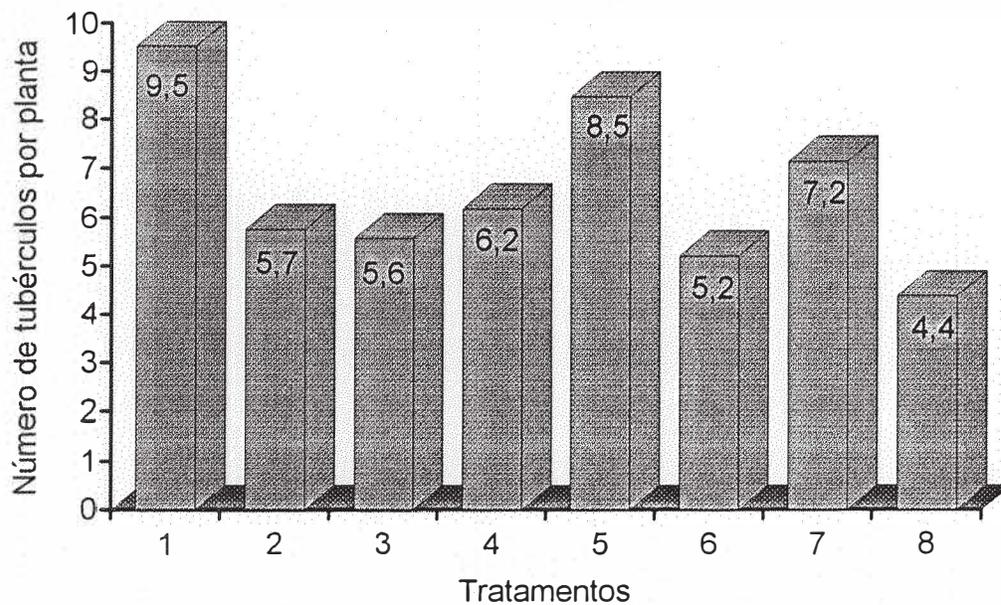


Figura 20. Número médio de tubérculos por plantas nos oito tratamentos.

Tabela 27. Análise de variância para os dados números de tubérculos por planta dos oito tratamentos.

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	3	2,316	0,772	0,85
Tratamentos	7	83,845	11,978	13,13**
Resíduo	20	18,246	0,912	
Total	30	104,407		
C.V(%)	14,6			

O maior número de tubérculos por plantas foi encontrado no tratamento 1, caracterizado por apresentar um suprimento adequado de água nos três estádios do ciclo da batata estudados, seguido do tratamento 5 que, recebeu suprimento adequado de água nos estádios de tuberização e desenvolvimento dos tubérculos. Estatisticamente, esses dois tratamentos não diferem entre si ao nível de significância de 5% em relação a esse parâmetro da produção. O menor número de tubérculos por plantas ocorreu no tratamento 8, caracterizado por estar sob deficiência hídrica nos três estádios fenológicos.

Os resultados são coerentes com as observações feitas por MILLER e MARTIN (1985) ; MILLER e MARTIN (1987) e MILLER e MARTIN (1990). Mas discordam com as observações de ZAG e DEMAGANTE (1985) ; DAR e ROSÁRIO(1981); VIEIRA(1971); SEGÓVIA (1972) e DUARTE (1989), que não constataram diferenças estatísticas significativas entre o número de tubérculos por plantas com o aplicação do estresse hídrico.

5. CONCLUSÕES

Nas condições climáticas da região e do solo onde foi realizado a pesquisa e com base nos resultados obtidos evidenciaram-se as seguintes conclusões:

- a. A ocorrência de déficits hídricos no estágio de tuberização causou uma drástica redução na produtividade. Este estágio foi considerado o mais crítico ao déficit hídrico;
- b. A deficiência hídrica em dois estádios fenológicos provocou maior redução na produtividade de tubérculos quando aplicada nos estádios tuberização e enchimento de tubérculos. O déficit hídrico nos estádios fenológicos vegetativo, tuberização e enchimento de tubérculos causou a maior redução de produtividade.
- c. O coeficiente de sensibilidade da batata (K_y) ao déficit hídrico nos estádios fenológicos estimados pelo modelo sugerido por DOORENBOS e KASSAM (1979) apresentou tendência geral semelhante em relação à necessidade hídrica em cada estágio. A sensibilidade ao déficit hídrico em cada estágio variou na seguinte ordem decrescente: tuberização, enchimento de tubérculos e vegetativo, para déficit em apenas um estágio fenológico. Para condição de déficit em dois estádios, os valores de K_y foram todos superiores a 1, tendo alcançado o maior valor na situação de déficits nos estádios tuberização e enchimento de tubérculos.
- d. Os valores de K_y encontrados para cada fase foram sempre superiores aos

apresentados pela FAO, sendo mais discrepantes no estágio de tuberização.

- e. Os valores do coeficiente de cultura (k_c) dependeram do método de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o), embora tenham apresentado uma mesma tendência independente do método, ao longo do ciclo. Seus valores foram relativamente inferiores aos valores de k_c apresentados por DOORENBOS & KASSAM (1979) nos estádios tuberização e enchimento de tubérculos, com exceção dos valores de K_c obtidos a partir da ET_o estimada pelo método da Radiação e o de Thornthwaite, que apresentaram valores dentro da faixa apresentada pelos autores acima.
- f. O déficit hídrico afetou significativamente a produção total de tubérculos e o número de tubérculos por planta.
- g. O tamanho dos tubérculos foi afetado pelo estresse hídrico. Maiores percentagens de tubérculos graúdos foram obtidas nos tratamentos que não sofreram déficits no estágio de enchimento de tubérculos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACKERSON, R. C. ; KRIEG, D. R. ; MILLER, T. D. ; STEVENS, R. G. Water relations and physiological activity of potatoes. **Journal of the American Society Horticultural Science**, Virgínia, **102** (5) : 572 - 5, 1977.
- ANTUNES, F. Z. & FORTES, M. Exigências climáticas da cultura da batata. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, **7** (76) : 19 - 23, abr. 1981.
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL - 1990, Rio de Janeiro, **50** : 344, 1990.
- BARBIERI, V. Medidas e estimativas de consumo hídrico em cana-de-açúcar (*Saccharum* spp). Piracicaba, 1981. 82p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz " / USP).
- BARRETO, G. B. **Irrigação** ; princípios, métodos e prática. 3.ed. Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1974. 185p.
- BHATTACHARJEE, B. K. A preliminary report on the effect of different levels of soil moisture on the yield of potato. **Science and Cultive**, Calcutta, **26** (6) : 274 - 6, Dec. 1960.
- BITTENCOURT, C. ; REIFSCHNEIDER, F. J. B. ; MAGALHÃES, J. R. de ; FURUMOTO, O. ; FEDALTO, A. A. ; MARQUELLI, W. A. ; SILVA, H. R. de ; FRANÇA, F. H. ; AVILA, A. C. de ; GIORDANO, L. B. de . **Cultivo da batata (*Solanum tuberosum* L.)**. Brasília, EMBRAPA/CNPH, 1985. 20p. (Instruções Técnicas do CNPHortaliças, 8).

- BOX, J. E. ; SLETTEN, W. H. ; KYLE, J. H. ε POPE, A. Effects of soil moisture, temperature, and fertility on yield and quality of irrigated potatoes in the southern plains. **Agronomy Journal**, Madison, **55** (5) : 492 - 4 , Oct. 1963.
- BURGERS, M. S. ε NEL, P. C. Potato irrigation scheduling and straw mulching. **South African Journal of Plant and Soil**, Pretoria, **1**(4) : 111 - 6, 1984.
- CAMPOS, H. de. **Estatística experimental não paramétrica**. 4.ed. Piracicaba Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/ Departamento de Matemática e Estatística, 1983. 349p.
- CARAZA, R. ; MONTANER, R. ; ALONSO, A. Fases de desarrollo de la papa (*Solanum tuberosum*. L.) y consumo de agua en condiciones de producción. **Centro - Agrícola**, Cuba, **12** (3) : 97 - 107, set./dez. 1985.
- CUNHA, G. R. ε BERGAMASCHI, H. Efeitos da disponibilidade hídrica sobre o rendimento das culturas. in: BERGAMASCHI, H. **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre, Ed. da Universidade / UFRGS, 1992. cap. 6, p. 85-96.
- DANTUR, N. C. ; CASANOVA, M. R. ; ASO, P. J. ; ROJAS, E. Efecto de diferentes regimenes de riego sobre el rendimiento de papa (cv. White Rose) en Tucumán. **Revista Industrial e Agrícola de Tucumán**, Tucumán, **50** (1) : 67 - 77, 1973.
- DAR, W. D. ε ROSARIO, D. A. del. Response of white potato (*Solanum tuberosum* L.) to moisture stress. **Philippine Agriculture**, Benguet, **64** (2) : 125 - 34, apr./june. 1981.
- DOORENBOS, J ε KASSAM, A.H. **Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos**, Rome, FAO, 1979. 212p (FAO. Riego Drenage, 33).

DOURADO NETO, D. ; LIER, Q. J. van ; BOTREL, T. A. ; LIBARDI, P. L.

Curva de retenção de água do solo : algoritmo em Quickbasic para estimativa dos parâmetros empíricos do modelo de Genuchten.

Piracicaba, ESALQ, 1990. 32p (Manual de Instruções ao Usuário).

DOWNES, J. D. Growth and yield of potatoes in relation to season, irrigation, and fertilizer N in a semi - arid environment. **American Potato Journal**, Orono, **60** (10) : 804 - 5, Oct. 1983.

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

DUBETZ, S. ε KROGMAN, K. K. Comparisons of methods of scheduling irrigations of potatoes. **American Potato Journal**, New Jersey , **50** (11) : 408 - 14, Nov. 1973.

ENCARNAÇÃO, C. R. F. da . Exigências hídricas e coeficientes culturais da batata (*Solanum tuberosum* L.). Piracicaba, 1987. 62p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz " / USP).

EPSTEIN, E. ε GRANT, W. J. Water stress relations of the potato plant under field conditions. **Agronomy Journal**, Madison, **65** (3) : 400 - 4 , may/ june. 1973.

ETCHEVERRY, B. A. ε HARDING, S. T. **Irrigation practice and engineering**. New York, MacGraw - Hill, 1933. 427p.

FRANKE, A. E. ε KONIG, O. Determinação do coeficiente de cultura (Kc) da batata (*Solanum tuberosum* L.), nas condições edafoclimáticas de Santa Maria, RS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, **29** (4) : 625 - 30, abr. 1994.

- FREIRE, F. M. ; MARTINS FILHO, C.A.S. ; MONNERAT, P. H. Nutrição mineral e adubação da batata. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, **7** (76) : 24 - 30, abr. 1981.
- GANDAR, P. W. ε TANNER, C. B. Leaf growth, tuber growth, and water potential in potatoes. **Crop Science**, Madison, **16** (4) : 534 - 8, Jul./Ago. 1976.
- HANE, D. C. ε PUMPHREY, F. V. Yield - evapotranspiration relationships and seasonal crop coefficients for frequently irrigated potatoes. **American Potato Journal**, Orono, **61** (11) : 661 - 8, Nov. 1984.
- HANG, A. N. ε MILLER, D. E. Yield and physiological responses of potatoes to deficit, high frequency sprinkler irrigation. **Agronomy Journal**, Madison, **78** (3) : 436 - 40, Mai/June. 1986.
- HARRIS, P. M. **The potato crop** ; the scientific basis for improvement. New York, John Willey, 1978. 729 p.
- HUKKERI, S. B. ε MOOLANI, M. K. The effect of levels of fertilization and irrigation on the yield of potato (*Solanum tuberosum* L.). **Science and culture**, Calcutta, **31**(1) : 36 - 8, Jan. 1965.
- HUKKERI, S. B. ε SHARMA, A. K. Tailoring the irrigation schedule for higher water - use efficiency in potato production. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, New Delhi, **49** (5) : 336 - 9, may. 1979.
- HUKKERI, S. B. ; SHARMA, A. K. ; NIMBOLE, N. N. ; BASANTANI, H. T. Stress - day index for timing of irrigation for potato. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, New Delhi, **45** (11 / 12) : 515 - 23, Nov./Dec. 1975.
- ISLAM, T. ; STARKER, H. ; ALAM, J. ; HARUN-UR-RASHID, M. Water use and yield relationships of irrigated potato. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, **18** (2) : 173 - 9, July. 1990.

- JAGTAP, S. S. & JONES, J. W. Stability of crop coefficients under different climate and irrigation management practices. **Irrigation Science**, Berlin, **10**: 231 - 44, 1989.
- JANA, P.K. ; DAS, S. ; MANDAL, B. B. ; BANDYOPADHYAY, P. Effect of soil moisture tension at different physiological stages of growth on yield and consumptive use of water by potato. **Environment and Ecology**, New Delhi, **7** (4) : 809 - 12, 1989.
- JONES, T. & JOHNSON, N. A. Effect of irrigation at different minimum levels of soil moisture and of imposed drought on yield of onions and potatoes. **American Society of Horticultural Sciences**, Geneva, **71** : 440 - 5, 1958.
- KINCAID, D. C. ; WESTERMANN, D. T. ; TROUT, T. J. Irrigation and soil temperature effects on Russet Burbank quality. **American Potato Journal**, Orono, **70** (10) : 711 - 23, Oct. 1993.
- KLEINKOPF, G. E. Potato. In: TEARE, I. D. & PEET, M. M. **Crop - water relations**. New York, Wiley Interscience, 1983. cap. 9, p. 285 - 305.
- LARSEN, D. C. Simplifying potato irrigation scheduling the Idaho program. **American Potato Journal**, Orono, **61** (4) : 215 - 27, apr. 1982.
- LESCZYNSKI, D. B. & TANNER, C. B. Seasonal variation of root distribution of irrigated, field grown Russet Burbank potato. **American Potato Journal**, Orono, **53** (2) : 69 - 78, Feb. 1976.
- LEVY, D. Genotypic variation in the response of potatoes (*Solanum tuberosum* L.) to high ambient temperatures and water deficit. **Field Crops Research**, Amsterdam, **15** (1) : 85 - 96, Oct. 1986.
- LIS, B. R. de, PONCE, I. ; TIZIO, R. Studies on water requirement of horticultural crops. I. Influence of drought at different growth stages of potato on the tuber's yield. **Agronomy Journal**, Madison, **56** (4) : 377 - 81, Jul./ Aug. 1964.

- LOON, C. D. van. The effect of water stress on potato growth, development and yield. **American Potato Journal**, Orono, **58** (1) : 51 - 69, 1981.
- MARQUELLI, W. A. Irrigação na cultura da batata. **Irrigação e Tecnologia Moderna ITEM**, Brasília, (29) : 13 - 6, 1987.
- MILLER, D. E. ε MARTIN, M. W. Effect daily irrigation rate and soil texture on yield and quality of Russet Burbank potatoes. **American Potato Journal**, Orono, **60** (10) : 745 - 57, Oct. 1983.
- MILLER, D. E. ε MARTIN, M. W. Effect of declining or interrupted irrigation on yield and quality of three potato cultivars grown on sandy soil. **American Potato Journal**, Orono, **64** (8) : 109 - 17, Mar. 1987.
- MILLER, D. E. ε MARTIN, M. W. The effect of irrigation regime and subsoiling on yield and quality of three potato cultivars. **American Potato Journal**, Orono, **64** (1) : 17 - 25, Jan. 1987.
- MILLER, D. E. ε MARTIN, M. W. Responses of three early potato cultivares to subsoiling and irrigation regime on a sandy soil. **American Potato Journal**, Orono, **67** (11) : 769 - 77, Nov. 1990.
- NELSON, S. H. ε HWANG, K. E. Water usage by potato plants at different stages of growth. **American Potato Journal**, Orono, **52** (11) : 331 - 9, Nov. 1975.
- OJALA, J. C. ; STARK, J. C. ; KLEINKOPF, G. E. Influence of irrigation and nitrogen management on potato yield and quality. **American Potato Journal**, Orono, **67** (1) : 29 - 43, Jan. 1990.
- OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo, Agronômica Ceres, 1981. 425p.
- PAINTER, C. G. ε AUGUSTINE, J. The effect of soil moisture and nitrogen on yield and quality of the Russet Burbank potato. **American Potato Journal**, Orono, **53** (8) : 275 - 84, Aug. 1976.

- PEREIRA, A. R. ; VILLA NOVA, N. A. ; PEREIRA, A. S. ; BARBIERI, V. A model for the class A pan coefficient. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, 1994 (no prelo).
- PHENE, C. J. ε SANDERS, D. C. High frequency trickle irrigation and row spacing effects on yield and quality of potatoes. **Agronomy Journal**, Madison, **68** (4) : 602 - 7, July./Aug. 1976.
- RAB, M. A. ε WILLATT, S. T. Water use by irrigated potatoes on a duplex soil. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, East Melbourne, **27** (1): 165 - 72, 1987.
- RANZANI, G. ; FREIRE, O. ; KINJO, T. **Carta de solos do município de Piracicaba**. Piracicaba, ESALQ / Centro de Estudos de Solos, 1966. 85p.
- REBOUR, H. ε DELOYE, M. La realización de los riegos. In : REBOUR, H. ε DELOYE . **El riego**. 2.ed. Madrid, Mundi - Prensa, 1971. cap. 8. p. 245 - 86.
- REICHARDT, K. **Processo de transferência no sistema solo-planta-atmosfera**. 4.ed. Campinas, Fundação Cargill, 1985. 466p.
- ROBINS, J. S. ε DOMINGO, C. E. Potato yield and tuber shape as affected by severe soil - moisture deficits and plant spacing. **Agronomy Journal**, Madison, **48** (10) : 488 - 92, Oct. 1956.
- SALTER, P. J. ε GOODE, J. E. Tuber, bulb and corm crops. In : _____. **Crop response to water at different stages of growth**. Farnham Royal , CAB, 1967. cap. 8, p. 93 - 100. (CAB. Research Review, 2).
- SAMMIS, T. W. Comparison of sprinkler, trickle, subsurface, and furrow irrigation methods for row crops. **Agronomy Journal**, Madison, **72** (5) : 701 - 04, Sept./Oct. 1980.

- SANTOS, M. M. E. B. ; ANDRIGUETO, J. R. ; CAMARGO, C. P. **Descrição de cultivares de batata**. Brasília, Secretaria Nacional de Produção Agropecária, 1986. 40p.
- SAUNDERS, L. C. U. Métodos de determinação e variabilidade espacial da condutividade hidráulica sob condições de campo. Piracicaba, 1978. 71 p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura " Luiz de Queiroz " / USP).
- SCALOPPI, E. J. ε FERRAZ, E. C. Dependência do crescimento das plantas ao regime de umidade do solo. **Anais da Escola Superior de Agricultura " Luiz de Queiroz "**, Piracicaba, **35 (1)** : 169 - 84, 1978.
- SCALOPPI, E. J. ε SCARDUA, R. Variação do regime de umidade do solo durante o ciclo fenológico de plantas da batata. **Anais da Escola Superior de Agricultura " Luiz de Queiroz "**, Piracicaba, **32 (1)** : 33 - 47, 1975.
- SCALOPPI, E. J. ; KLAR, A. E. ; VILLA NOVA, N. A. Avaliação de métodos climatológicos para estimativa da evapotranspiração. **Anais da Escola Superior de Agricultura " Luiz de Queiroz "**, Piracicaba, **35 (1)** : 77 - 89, 1978.
- SCALOPPI, E. J. ; SCARDUA, R. ; KLAR, A. E. A influencia da irrigação e adubação no rendimento, tamanho e número de tubérculos de batata (*Solanum tuberosum* L.). **Anais da Escola Superior de Agricultura " Luiz de Queiroz "**, Piracicaba, **32 (1)** : 385 - 95, 1975.
- SEGÓVIA, F. C. ; SILVA, J. F. ; BERNARDO, S. ε CONDÉ, A. R. Efeito do sistema de plantio e da frequência de irrigação sobre a cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.). **Revista Ceres, Viçosa**, **19 (105)** : 328 - 346, 1972.
- SHALHEVET, J. ; SHIMSHI, D. ; MEIR, T. Potato irrigation requirements in a hot climate using sprinkler and drip methods. **Agronomy Journal**, Madison, **75 (1)** : 13 - 6, Jan./Feb. 1983.

- SINGH, G. Review of the soil - moisture relationship in potatoes. **American Potato Journal**, New Jersey, **46** (10) : 398 - 403, Oct. 1969.
- SINGH, M. ; HUKKERI, S. B. ; SINGH, N. B. Response of potato to varying moisture regimes, nitrogen, phosphate and potassium. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, New Delhi, **38** (1) : 76 - 89, Feb. 1968.
- SINGH, M. ; SHARMA, R. C. ; GREWAL, J. S. ; SIKKA, L. C. Water management for potato crop in Simla Hills. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, New Delhi, **45** (3) : 116 - 23, 1975.
- SOOD, M. C. Effect of supplemental irrigation, mulching and nitrogen levels on growth, yield and nutrients uptake of potatoes in Shimla hills. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, New Delhi, **56** (1) : 47 - 55, Jan. 1986.
- STARK, J. C. & McCANN, I. R. Optimal allocation of limited water supplies for Russet Burbank potatoes. **American Potato Journal**, Orono, **69** (7) : 413 - 21, July 1992.
- STEWART, J. I. ; MISRA, R. D. ; PRUITT, W. O.; HAGAN, R. M. Irrigating corn and grain sorghum with a deficient water supply. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, **18**(2) : 270 - 80, 1975.
- STEYN, J. C. ; PLESSIS, H. F. du ; NORTJE, P. F. The effect of different water regimes on Up-to-date potatoes. I. Vegetative development, photosynthetic rate and stomatal diffusive resistance. **South African Journal of Plant and Soil**, Pretoria, **9** (3) : 113 - 7, 1992.
- STRUCHTEMEYER, R. A. Efficiency in the use of water by potatoes. **American Potato Journal**. New Jersey, **38** (1) : 22 - 24, Jan. 1961.
- SWAMINATHAN, K. & VERMA, B. C. Active root distribution profiles of indian potato cultivars in relation to extract phosphorus from the soil. **Journal of Nuclear Agriculture and Biology**, New Delhi, **6** : 26 - 8 1977.

- TEODORO, R. E. F. Efeito da irrigação no crescimento e produção do pimentão (*Capsicum annuum* L) conduzido em casa de vegetação e em condições de campo. Piracicaba, 1986. 67p (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" / USP).
- TIMM, H. & FLOCKER, J. J. Response of potato to fertilization and soil moisture tensions under soil compaction. **Agronomy Journal**, Madison, **58** (2) : 153 - 7, Mar./ Apr. 1966.
- TREBEJO, I. & MIDMORE, D. J. Effect of water stress on potato growth, yield and water use in a hot and cool tropical climate. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, **114** (3) : 321 - 34, Jun.1990.
- VAUX Jr., H. J. ; PRUITT, W. O. ; HATCHETT, S. A. ; SOUSA, F. de. **Optimization of water use with respect to crop production**. Davis, Califórnia Department of Water Resources, 1981. 174p. (Technical Completion Report, 13 - 53395).
- VIEIRA, J. Diferentes níveis de épocas de irrigação da batatinha (*Solanum tuberosum* L.) pelos métodos de aspersão e de sulcos. Viçosa, 1971. 43p. (M.S. - Universidade Federal de Viçosa).
- VILLA NOVA, N. A. A estimativa da evaporação potencial no Estado de São Paulo. Piracicaba, 1967. 66p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz " / USP).
- VILLA NOVA, N. A. **Principais métodos climáticos de estimativa de aplicação de água de irrigação**. Piracicaba, ESALQ / Departamento de Física e Meteorologia, 32 p 1983.
- WOLFE, D. W. ; FERERES, E. ; VOSS, R. E. Growth and yield response of two potato cultivars to various levels of applied water. **Irrigation Science**, New York, **3** (4) : 212 - 22, Jan. 1983.
- YADAV, S.C. & TRIPATHI, B. R. Water requirement of potato. **Indian Journal of Agricultural**, New Delhi, **43** (5) : 477 - 82, May 1973.

ZAAG, P. V. & DEMAGANTE, A. Water requirements as influenced by irrigation system and mulch for potato (*Solanum* spp.) grown in an isohyperthermic environment en the Philippines. **The Philippine Agriculturist**, Los Baños, **80** (4) : 571 - 84, Oct./Dec. 1985.

APÊNDICE 1

Tabela 1. Valores do coeficiente de conversão do Tanque " Classe A " Kpan, para estimativa da evapotranspiração.

UR% (média)	Tanque circundado por grama			Tanque circundado por solo nú		
	< 40%	40 - 70	> 70%	< 40%	40 - 70	> 70%
Vento (km/dia)	Posição do Tanque *			Posição do Tanque *		
Leve < 175	0 10 100 1000	0,55 0,65 0,70 0,75	0,65 0,75 0,80 0,85	0,75 0,85 0,85 0,85	0 10 100 1000	0,70 0,80 0,65 0,60
Moderado 175 - 425	0 10 100 1000	0,50 0,60 0,65 0,70	0,60 0,70 0,75 0,80	0,65 0,75 0,80 0,80	0 10 100 1000	0,65 0,55 0,60 0,45
Forte 425 - 700	0 10 100 1000	0,45 0,55 0,60 0,65	0,50 0,60 0,65 0,70	0,60 0,65 0,75 0,75	0 10 100 1000	0,60 0,50 0,45 0,40
Muito Forte > 700	0 10 100 1000	0,40 0,45 0,50 0,55	0,45 0,55 0,60 0,60	0,50 0,60 0,65 0,65	0 10 100 1000	0,50 0,45 0,40 0,35

* Menor distância, em metros, do centro do tanque ao limite da bordadura (solo gramado ou nú).

Transcrito de DOORENBOS & KASSAM (1979) " Efectos del agua sobre rendimiento de los cultivos " (Boletim 33 - FAO).

APÊNDICE 2

Tabela 2. Valores de b em função da velocidade média do vento no período diurno e da umidade relativa média diária.

<u>V. vento diurno (m.s⁻¹)</u>	> 8	5 - 8	2 - 5	0 - 2
Umidade relativa média				
> 70 %	1,02	0,92	0,81	0,69
55 - 70%	1,11	1,00	0,88	0,76
40 - 55 %	1,22	1,11	0,96	0,84
< 40 %	1,34	1,24	1,10	0,96

Transcrito de DOORENBOS e KASSAM (1979) " Efectos del agua sobre rendimento de los cultivos " (Boletim 33 - FAO).

APÉNDICE 3

Tabela 3 . Valores de Kpan tirados da tabela da FAO e estimados pela equação proposta por PEREIRA et al. (1994) durante a condução do experimento com batata.

DATA	Kpan		DATA	Kpan	
	1*	2**		1	2
06/Out.	0,85	0,63	8/Nov.	0,80	0,52
7	0,85	0,57	9	0,85	0,71
8	0,85	0,83	10	0,85	0,77
9	0,80	0,84	11	0,85	0,83
10	0,80	0,84	12	0,80	0,83
11	0,80	0,84	13	0,80	0,84
12	0,80	0,84	14	0,80	0,84
13	0,80	0,84	15	0,80	0,84
14	0,80	0,83	16	0,80	0,84
15	0,85	0,83	17	0,85	0,79
16	0,85	0,84	18	0,85	0,84
17	0,85	0,83	19	0,85	0,72
18	0,85	0,84	20	0,75	0,49
19	0,85	0,84	21	0,85	0,76
20	0,85	0,84	22	0,85	0,78
21	0,85	0,84	23	0,85	0,77
22	0,80	0,84	24	0,85	0,83
23	0,85	0,84	25	0,85	0,84
24	0,85	0,78	26	0,85	0,77
25	0,85	0,84	27	0,80	0,51
26	0,85	0,75	28	0,75	0,54
27	0,80	0,19	29	0,80	0,82
28	0,85	0,74	30	0,80	0,80
29	0,85	0,84	01/Dez.	0,85	0,80
30	0,80	0,84	2	0,85	0,77
31	0,80	0,84	3	0,85	0,84
01/Nov.	0,85	0,68	4	0,85	0,83
2	0,85	0,70	5	0,85	0,84
3	0,75	0,49	6	0,85	0,84
4	0,85	0,83	7	0,85	0,83
5	0,80	0,77	8	0,85	0,83
6	0,85	0,65	9	0,85	0,80
7	0,85	0,84			

* 1 - Valores tirados da tabela apresentada pela FAO.

** 2 - valores estimados pela equação proposta por PEREIRA et al. (1994).

APÊNDICE 4

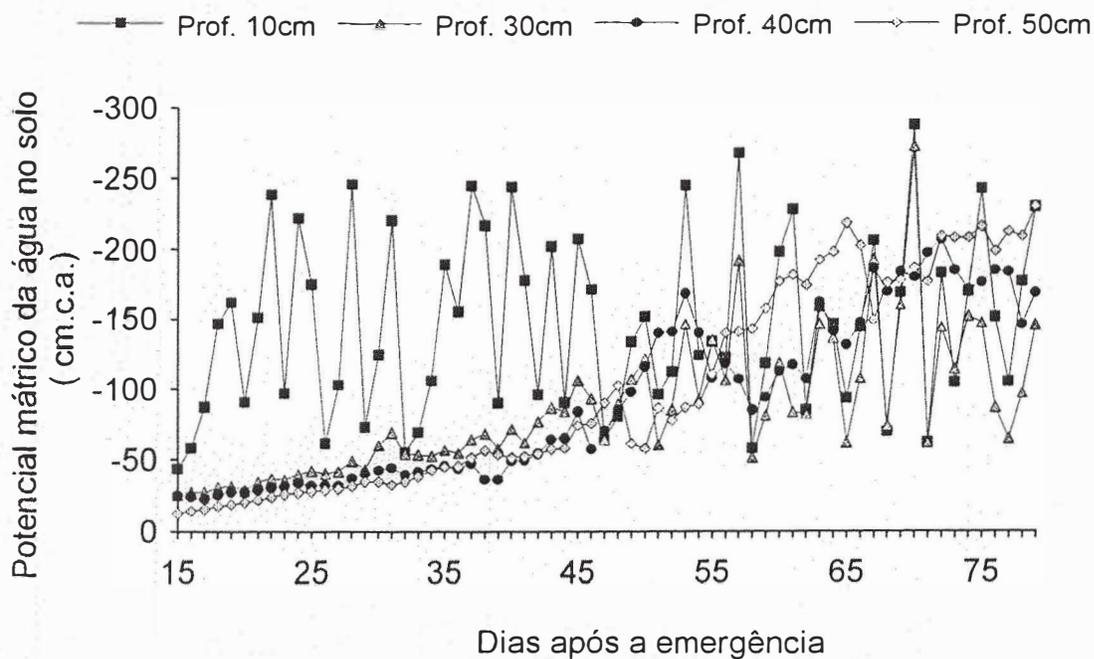


Figura 1. Variação do potencial mátrico médio da água no solo no tratamento 1.

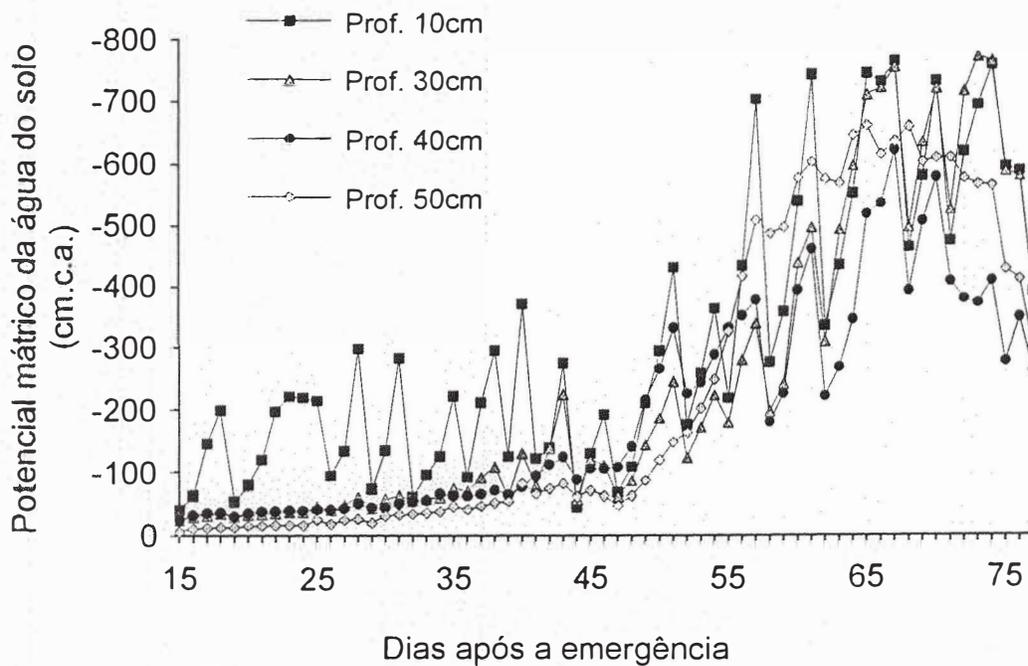


Figura 2. Variação do potencial mátrico médio da água no solo no tratamento 2.

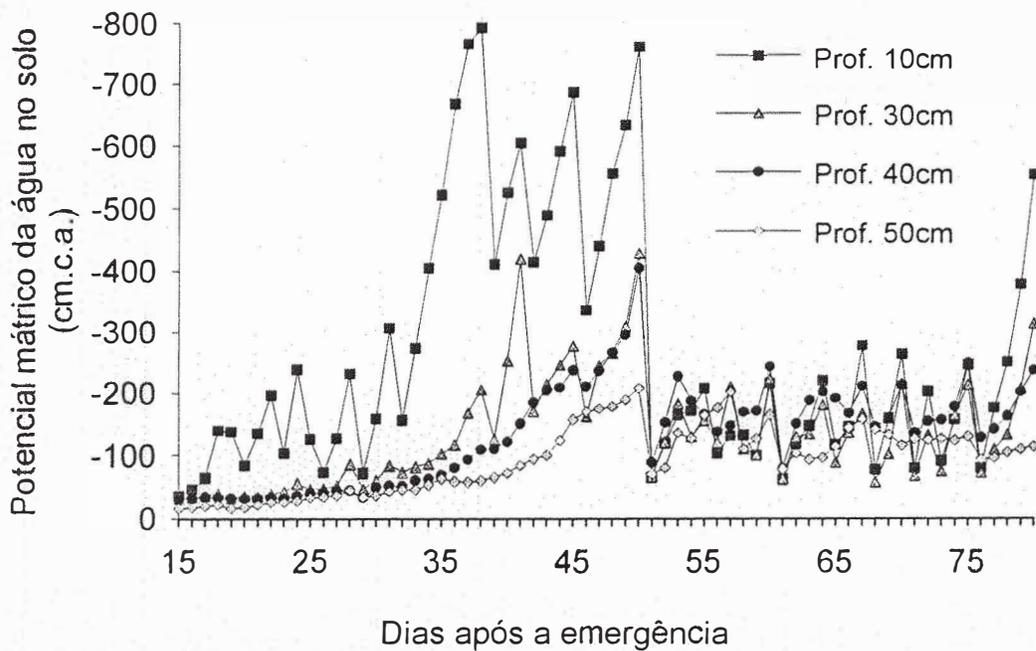


Figura 3. Variação do potencial mátrico médio da água no solo no tratamento 3.

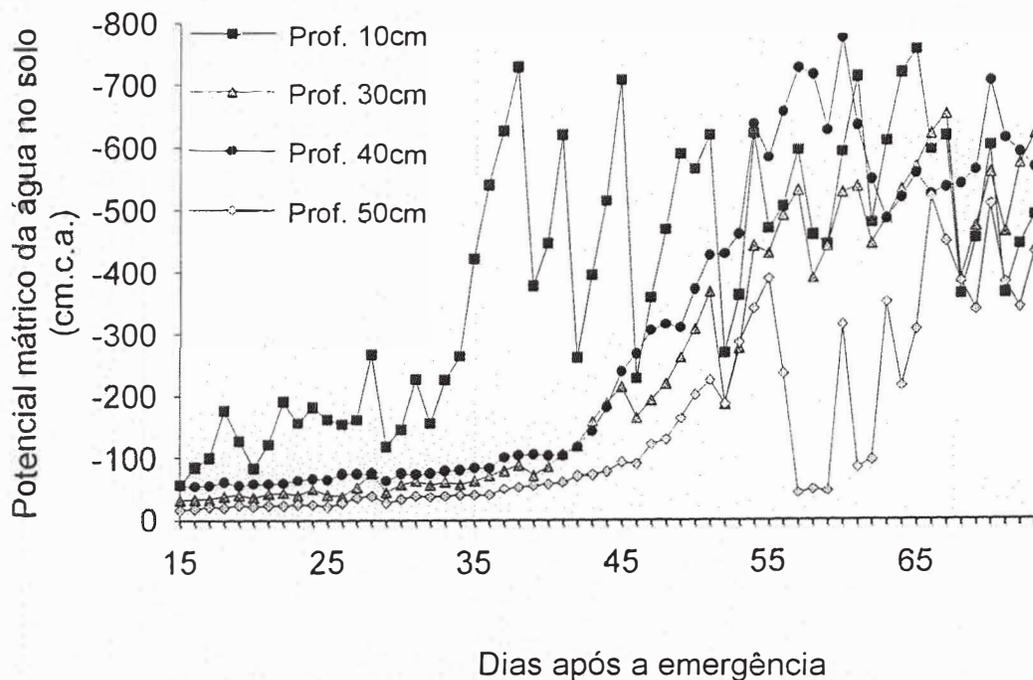


Figura 4. Variação do potencial mátrico médio da água no solo no tratamento 4.

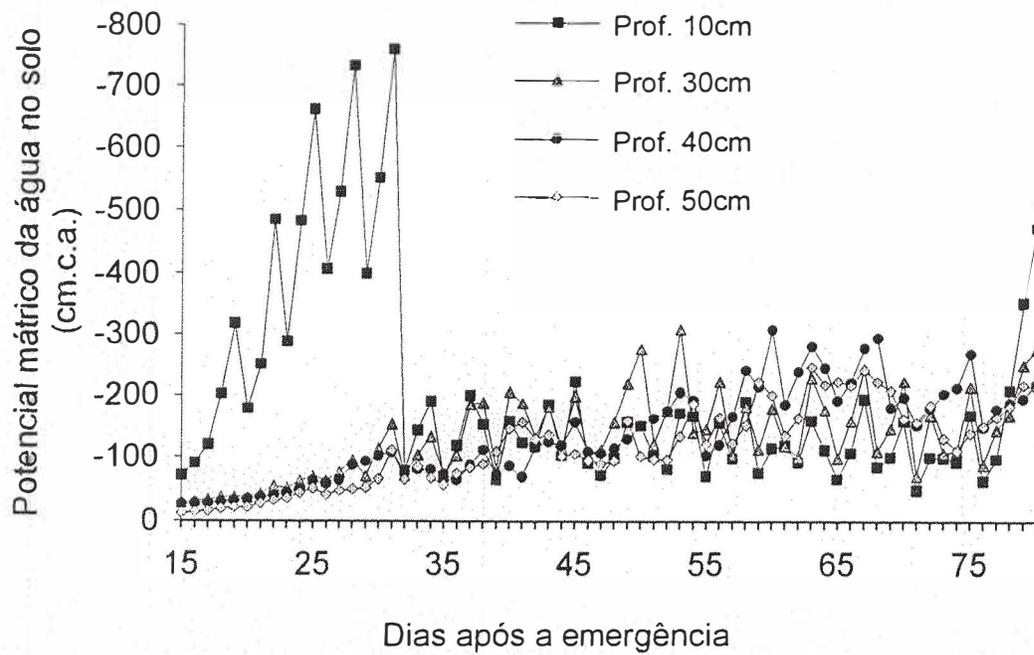


Figura 5. Variação do potencial mátrico médio da água no solo no tratamento 5.

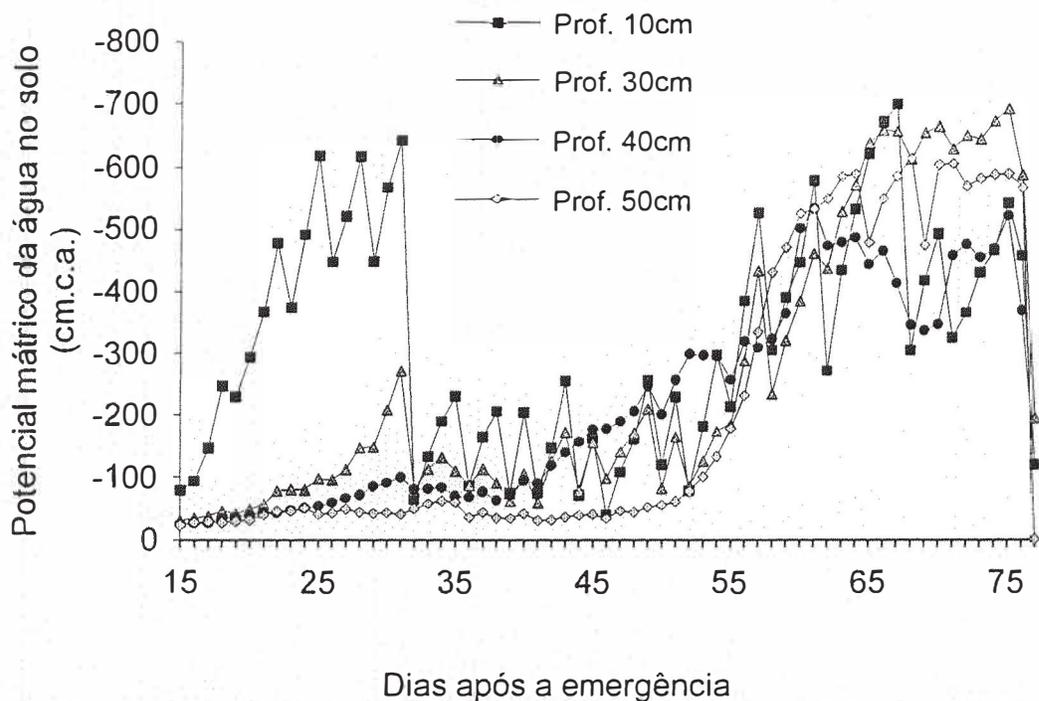


Figura 6. Variação do potencial mátrico médio da água no solo no tratamento 6.

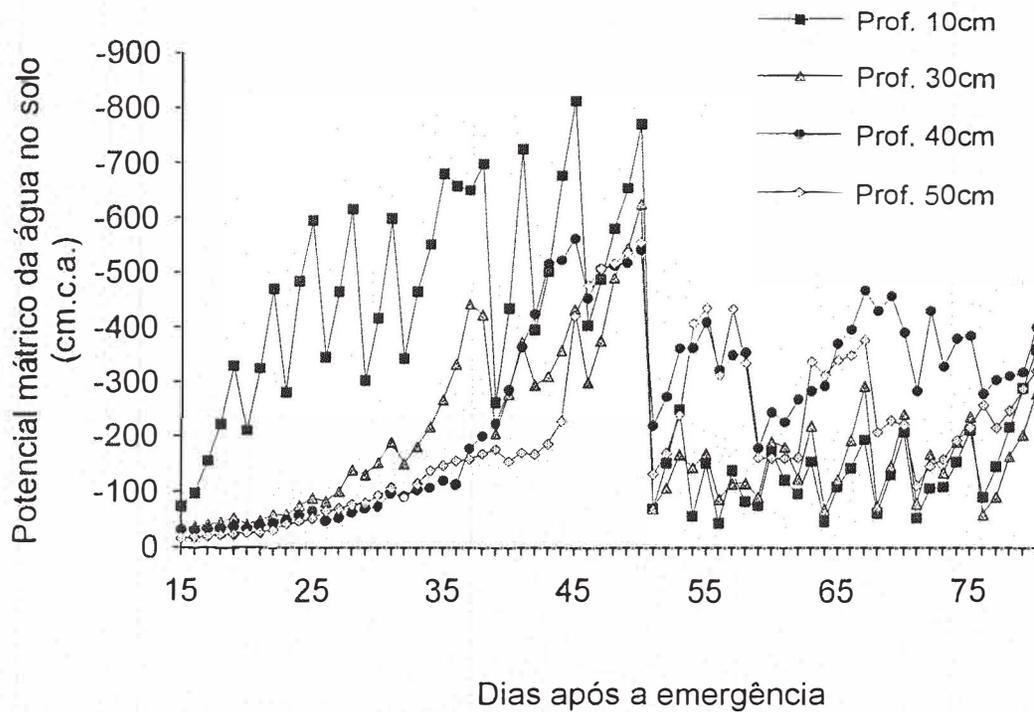


Figura 7. Variação do potencial mátrico médio da água no solo no tratamento 7.

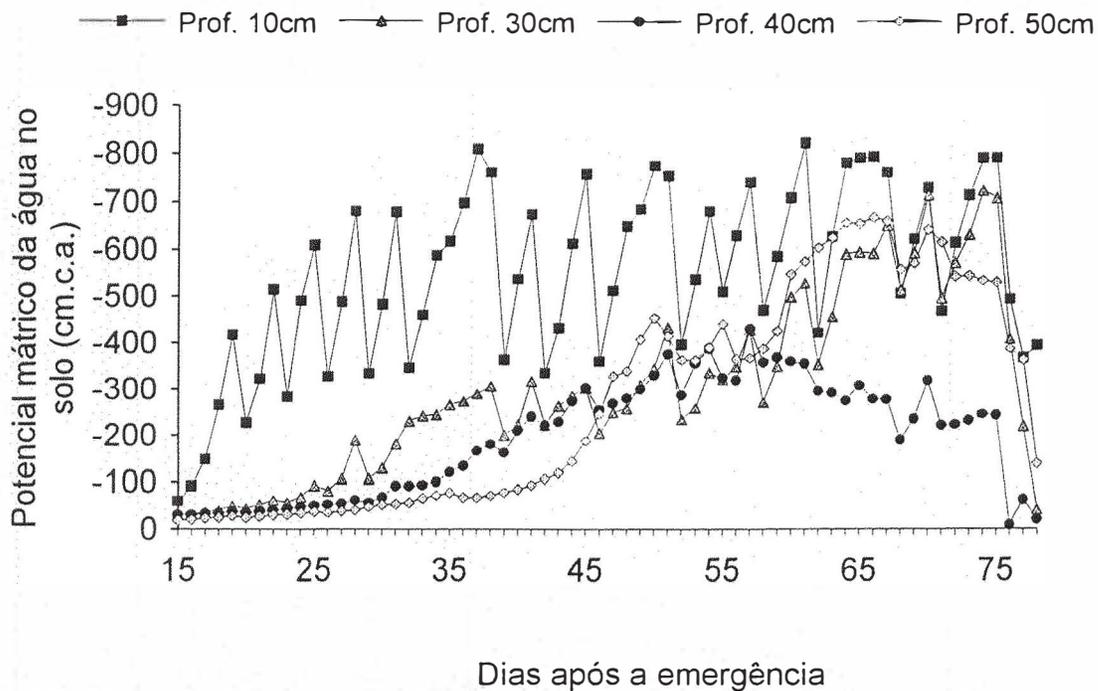


Figura 8. Variação do potencial mátrico médio da água no solo no tratamento 8.