

## VARIAÇÃO DO REGIME DE UMIDADE DO SOLO DURANTE O CICLO FENOLÓGICO DE PLANTAS DE BATATA \*

E.J. SCALOPPI\*\*

R. SCARDUA\*\*\*

### RESUMO

Neste trabalho foram analisadas as relações entre a produção, o desenvolvimento vegetativo e a evapotranspiração de uma cultura de batata (*Solanum tuberosum* L.) submetida à três regimes de umidade, definidos pelos valores assumidos pelo potencial matricial da água do solo antes de se proceder as irrigações (-0,5; -1,0 e -5,0 bares) em três estádios de desenvolvimento das plantas.

Com respeito à produção de tubérculos, ficou evidenciado que por ocasião da tuberização e desenvolvimento de um grande número de tubérculos, as plantas revelaram uma maior sensibilidade à redução da umidade do solo. Assim, ocorrendo deficits moderados (-1,0 bar) no período inicial de desenvolvimento, a produção não foi significativamente afetada. Isto foi atribuído, em parte, à recuperação parcial do crescimento vegetativo no estágio subsequente, quando foram restabelecidas condições mais adequadas de umidade no solo. O mesmo não se verificou no tratamento submetido a deficits mais severos (-5,0 bares) no estágio inicial. Neste caso, o crescimento foi quase irreversivelmente reduzido, contribuindo para diminuir a produção e a eficiência de utilização de água pelas plantas.

A redução da umidade do solo, a partir dos 60 dias após a emergência das plantas, não afetou a produção de tubérculos. Este procedimento concorreu para aumentar significativamente a eficiência de utilização de água. Além disso, havendo suspensão total da irrigação neste período, a senescência foi antecipada em 16 dias, em relação aos tratamentos submetidos a níveis de umidade mais elevados.

O desenvolvimento vegetativo e a produção não foram igualmente afetados pela redução da umidade do solo. Conseqüentemente, o crescimento das plantas não parece se constituir em um índice absoluto da produção de tubérculos de batata.

### INTRODUÇÃO

As práticas de manejo de água para uma grande parte das culturas irrigadas têm se caracterizado por apresentar uma reduzida eficiência. A falta de conhecimento das necessidades de água das plantas contribui, em grande parte, para agravar esta situação.

\* Entregue para publicação em 25/4/1975.

\*\* Dept<sup>o</sup> de Eng<sup>a</sup> Rural, Fac. de Ciênc. Méd. e Biol. de Botucatu, SP.

\*\*\* Dept<sup>o</sup> de Eng<sup>a</sup> Rural, Esc. Sup. de Agric. "Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP.

Conforme propôs RAWITZ (1970) a produção das culturas resulta do desenvolvimento integrado das plantas durante todo o ciclo fenológico. Conseqüentemente, pouco poderá ser inferido sobre os processos envolvidos, analisando-se apenas o regime de umidade do solo e a produção. O desenvolvimento da planta, por sua vez, representa o produto final de inúmeros processos que, embora sendo acentuadamente integrados, apresentam considerável individualidade nas inter-relações com o meio ambiente (VAADIA et al., 1961; SLATYER, 1967).

RAWITZ & HILLEL (1969) propuseram que os critérios que determinam a frequência de irrigação não deveriam se basear apenas nos índices relacionados à condição da água no solo mas, deveriam considerar também, as respostas das plantas a esse e aos outros fatores ambientais, além dos aspectos técnicos e econômicos associados à manutenção de um determinado regime de umidade no solo.

HAGAN et al. (1957) concluíram que alguns processos fisiológicos são relativamente insensíveis à diminuição do teor de umidade do solo, enquanto outros, são acentuadamente afetados. Desde que diferentes processos prevalecem nos diferentes estádios de desenvolvimento das plantas, pode-se admitir que os efeitos de deficits hídricos sobre a produção das culturas devem variar com o período em que ocorrem. Dependendo da finalidade e natureza da produção e da intensidade e duração dos deficits, os efeitos podem ser indiferentes, ou até mesmo favoráveis, em relação às plantas desenvolvidas em condições de umidade mais adequada. Em qualquer caso, a eficiência de utilização de água seria aumentada.

O presente trabalho teve por objetivo principal o estudo das relações entre a produção, o desenvolvimento vegetativo e a evapotranspiração de uma cultura de batata, desenvolvida sob três regimes de umidade do solo ocorrendo em três estádios fenológicos característicos.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em um solo classificado como um Latosol Vermelho-Escuro fase arenosa, Série Experimental, localizado em Botucatu, Estado de São Paulo.

A partir de tubérculos-sementes certificados, desenvolveu-se uma cultura de batata (*Solanum tuberosum* L., var. Bintje) tendo um espaçamento de 30 cm entre as plantas e 80 cm entre as linhas de plantio. A adubação foi calculada à razão de 180-300-200 kg/ha de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, respectivamente, sendo que 2/3 da quantidade total de N foram aplicados em cobertura, aos 25 dias após a emergência das plantas.

O plantio, efetuado em 30 de abril de 1973, seguiu um delineamento experimental em blocos ao acaso, com nove tratamentos e sete repetições. Cada parcela constituiu-se de quatro plantas e os tratamentos foram caracterizados pelo valor do potencial matricial da água do solo antes de se proceder as irrigações, conforme anotado no Quadro 1.

QUADRO 1. Potencial matricial da água do solo (bares) antes de cada irrigação. Valores médios para 30 cm de profundidade.

Tratamentos	1º Estádio	2º Estádio	3º Estádio
A	-0,5	-0,5	-0,5
B	-1,0	-1,0	-1,0
C	-5,0	-5,0	-5,0
D	-1,0	-0,5	-0,5
E	-5,0	-0,5	-0,5
F	-0,5	-1,0	-0,5
G	-0,5	-5,0	-0,5
H	-0,5	-0,5	-1,0
I	-0,5	-0,5	-5,0

A duração de cada estágio foi determinada pelo intervalo de tempo necessário para o potencial matricial atingir -5,0 bares nos tratamentos implicados. Desse modo, as plantas representativas dos tratamentos mais irrigados, no início de cada estágio, apresentavam a seguinte descrição morfológica:

- 1º estágio (de 24/5 a 17/6): plantas com 15 a 20 cm de altura, possuindo 3 a 4 folhas por haste,
- 2º estágio (de 18/6 a 18/7): plantas atingindo, aproximadamente, 30 cm de altura, presença de estolões e tubérculos em início de desenvolvimento,
- 3º estágio (de 19/7 a 30/8): plantas com seu máximo desenvolvimento vegetativo, com 35 a 40 cm de altura, predominância de tubérculos medianamente desenvolvidos.

Com o propósito de garantir os regimes de umidade preconizados, protegia-se a área experimental com uma lâmina de plástico transparente, por ocasião das chuvas.

O método de irrigação adotado foi sulcos fechados, em nível. A frequência de irrigação foi determinada por tensiômetros, nos tratamentos com valores de potencial superiores a -0,5 bar, e blocos de gesso de resistência elétrica (BOUYOCOS & MICK, 1940) nos demais. As unidades de gesso foram previamente calibradas (TAYLOR, 1955) e as leituras realizadas com um ohmímetro portátil.

Os tratamentos C, G e I foram colhidos em 20 de agosto e os demais, em 20 de setembro de 1973. Após a colheita, os tubérculos foram classificados por tamanho (BOOCK, 1963). Para efeito de análise, a classificação foi assim considerada: “especial” + “primeira” = tubérculos grandes; “segunda” + “terceira” = tubérculos médios; e “quarta” + “resto” = tubérculos pequenos. Os dados de produção e classificação dos tubérculos foram analisados estatisticamente através de covariância (PIMENTEL GOMES, 1970).

A evapotranspiração real foi determinada pela equação do balanço da água do solo, proposta por SLATYER (1967):

$$E = P \pm \Delta W$$

onde E representa a evapotranspiração ocorrida em um determinado período P, a quan-

tidade de água adicionada ao solo através de irrigação ou precipitação e  $\Delta W$ , a variação da quantidade de água existente no solo. A evapotranspiração potencial foi estimada pela fórmula de Penman. O procedimento adotado nesta estimativa encontra-se detalhado em outro trabalho (SCALOPPI, 1972) exceto quanto à radiação solar, que no caso presente foi estimada a partir da razão de insolação, através da equação obtida a partir dos dados registrados naquele trabalho:

$$R_s = 239 + 349 n/N \quad r = 0,75^{**}$$

onde  $R_s$  representa a radiação solar em  $\text{cal} \cdot \text{cm}^{-2}$  e  $n/N$ , a razão de insolação.

O crescimento das plantas foi estimado em base semanal através do método recomendado por EPSTEIN & ROBINSON (1965) com uma modificação observada em testes preliminares. Esta, consistiu na determinação do comprimento da folha desde a base do pecíolo até a base do limbo do folíolo apical. Os estudos de correlação desenvolvidos paralelamente ao experimento apresentaram a seguinte equação:

$$A = 0,3288 \cdot c^{1,13846} \quad r = 0,876^{**}$$

onde  $A$  representa a área foliar estimada, em  $\text{cm}^2$  e  $c$ , o comprimento da folha, em mm. Os valores de  $c$  foram medidos em todos os blocos sempre em uma determinada planta por parcela experimental, perfazendo quatro repetições. A partir destes dados, obteve-se uma área foliar média para cada tratamento.

## RESULTADOS

### Desenvolvimento vegetativo

Os valores da área foliar, estimados semanalmente para cada tratamento, foram avaliados em função do valor apresentado no início de cada estágio, ao qual foi atribuído, arbitrariamente, um valor unitário. Os resultados obtidos desta relação foram denominados razão de crescimento relativo (RCR) das plantas e estão representados na Figura 1. Em 15 de agosto, todas as plantas utilizadas nas amostragens do tratamento I estavam mortas. Ao mesmo tempo, as plantas pertencentes aos demais tratamentos, principalmente o C e o G, apresentavam-se senescentes e, conseqüentemente, as determinações foram encerradas.

### Evapotranspiração

Os dados de evapotranspiração potencial, precipitação, irrigação e as variações na quantidade de água existente nos 60 cm superficiais do solo estão representados na Figura 2. Devido a imprecisão inerente ao método adotado (TANNER, 1967) não houve uma preocupação em se determinar diferenças na razão evaporativa entre tratamentos submetidos a um mesmo regime de umidade. Parece óbvio admitir, entretanto, que as

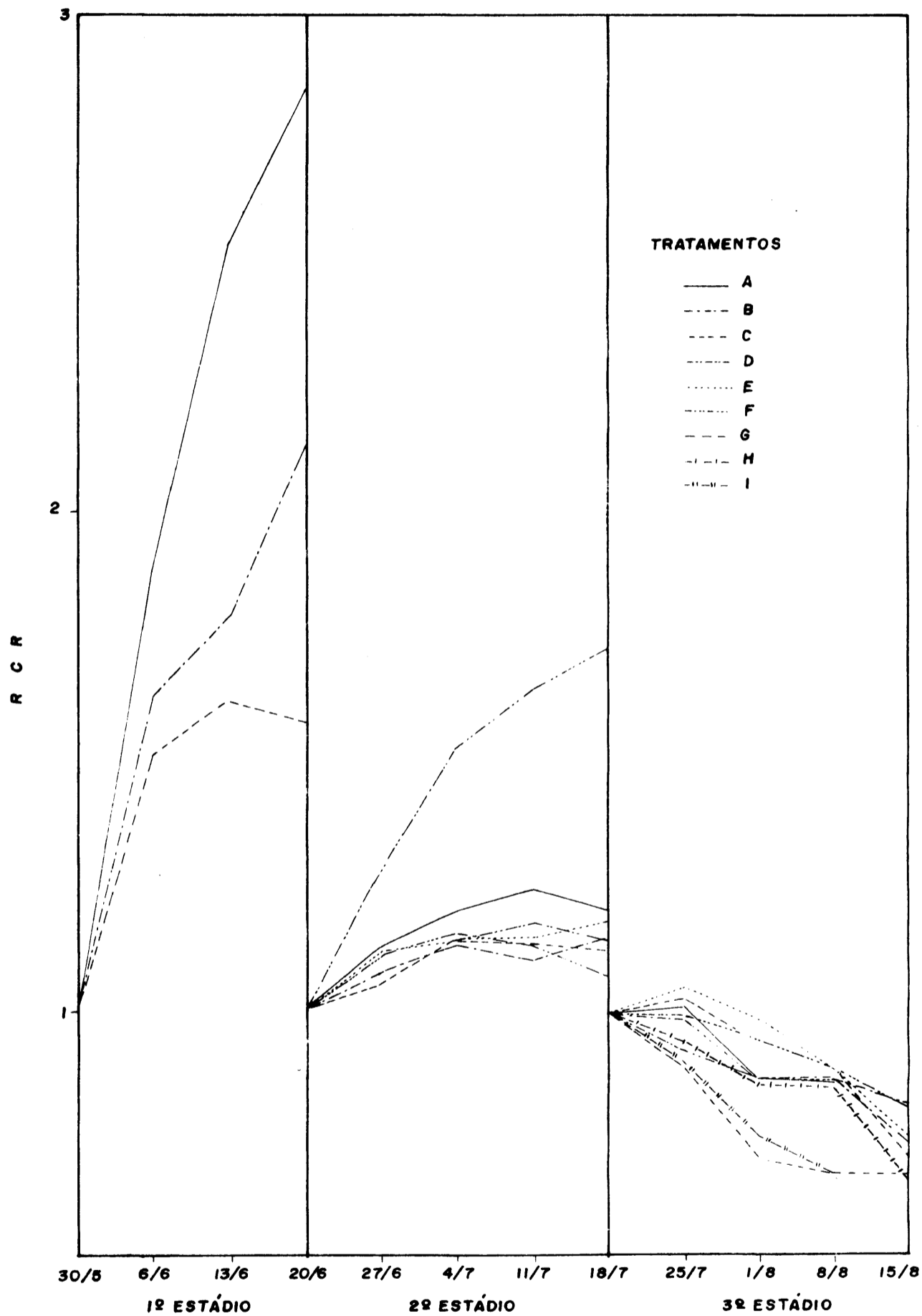


FIGURA-1. RAZÃO DE CRESCIMENTO RELATIVO (RCR) DAS PLANTAS REPRESENTATIVAS DOS TRATAMENTOS, NOS DIFERENTES PERÍODOS DE ESTIMATIVA DA ÁREA FOLIAR

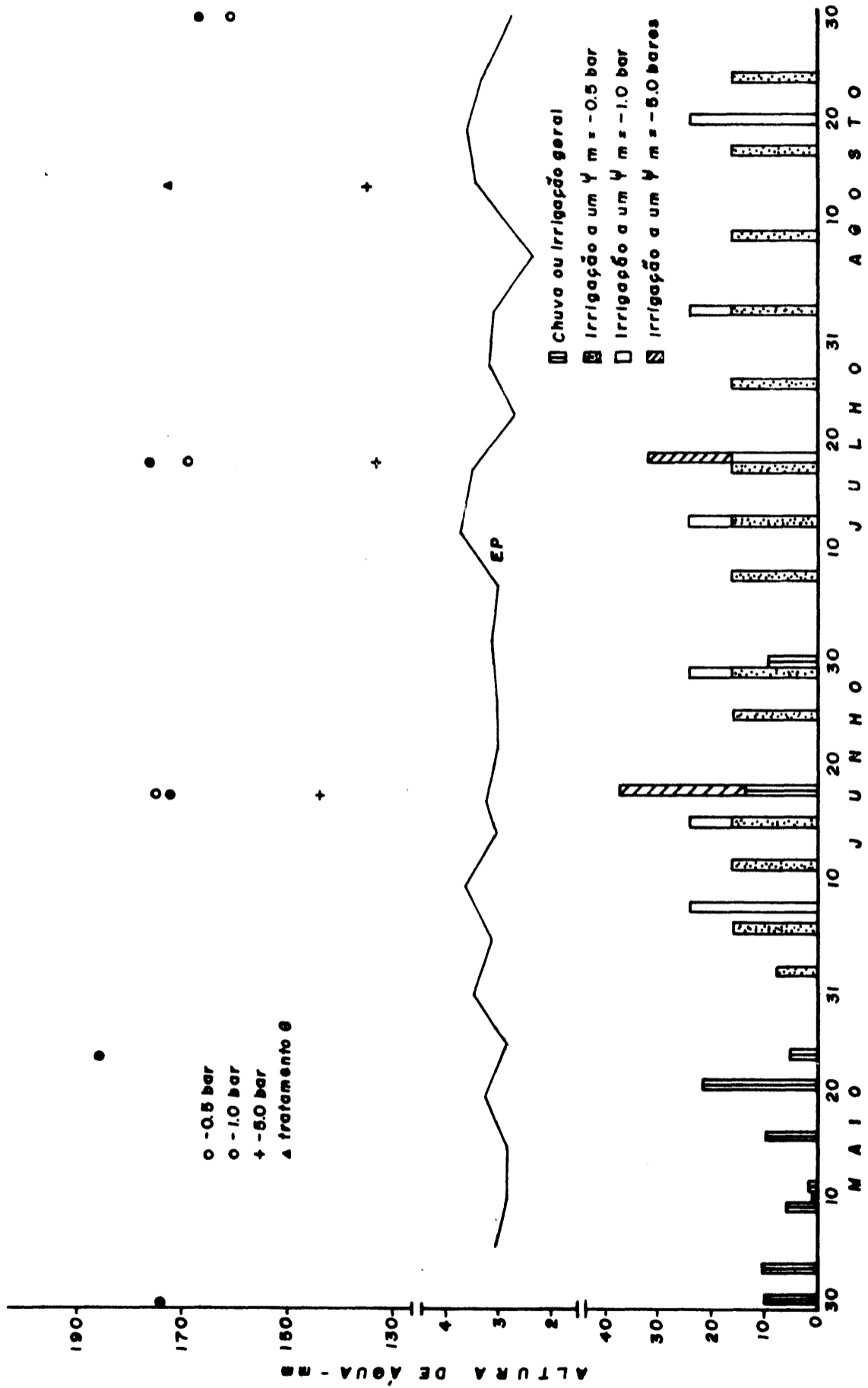


FIGURA 2. Dados de precipitação efetiva, irrigação, quantidade de água armazenada nos 60 cm superficiais do solo ao final de cada estágio, e evapotranspiração potencial (EP);  $\psi_m$  representa os valores do potencial da água do solo antes de se proceder a irrigação dos diferentes tratamentos.

variações do desenvolvimento vegetativo, devidas aos diferentes regimes de umidade adotados em estádios anteriores, devem ter contribuído para modificar a razão de evapotranspiração entre tratamentos submetidos às mesmas condições de umidade em estádios subseqüentes. Ao mesmo tempo, convém salientar que, apesar das diferenças observadas no desenvolvimento vegetativo, a razão de evapotranspiração pode ter sido pouco afetada, desde que prevaleceram condições adequadas de umidade no solo (FISCHER & KOHN, 1966a).

O Quadro 2 resume as perdas evaporativas de todos os tratamentos em cada estádio considerado e no ciclo fenológico.

QUADRO 2. Valores de evapotranspiração real (totais dos períodos e médias diárias em mm) anotados nos diferentes tratamentos.

Trat.	Emergência		1º Estádio		2º Estádio		3º Estádio		Ciclo	
A	55,1	2,20	69,0	2,88	98,7	3,18	89,0	2,02	311,8	2,56
B	55,1	2,20	58,0	2,42	76,7	2,47	72,0	1,64	261,8	2,15
C	55,1	2,20	41,0	1,71	57,7	1,86	30,0	1,15	183,8	1,74
D	55,1	2,20	58,0	2,42	102,7	3,31	89,0	2,02	304,8	2,50
E	55,1	2,20	41,0	1,71	94,7	3,05	89,0	2,02	279,8	2,29
F	55,1	2,20	69,0	2,88	73,7	2,38	98,0	2,33	295,8	2,42
G	55,1	2,20	69,0	2,88	61,7	1,99	41,0	1,58	226,8	2,14
H	55,1	2,20	69,0	2,88	98,7	3,18	63,0	1,50	285,8	2,34
I	55,1	2,20	69,0	2,88	98,7	3,18	41,0	1,58	263,8	2,49

### Produção

Os dados de produção, analisados estatisticamente através de covariância, forneceram as médias ajustadas constantes no Quadro 3.

QUADRO 3. Peso dos tubérculos obtidos em cada tratamento. Valores expressos em gramas por parcela experimental (médias ajustadas\*).

Trat.	A	B	C	D	E
Peso	1305,6a	1110,6ab	832,0b	1336,4a	1104,0ab
Trat.	F	G	H	I	CV = 18,52%
Peso	1254,2a	1086,8ab	1368,5a	1334,0a	

\* Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente ( $P < 0,05$ ).

## DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

### Relações entre o crescimento das plantas e a produção de tubérculos

O crescimento da parte aérea das plantas está, de certa maneira, associado à produ-

ção total de tubérculos. Entretanto, as relações entre a produção, expressa em gramas, e a razão de crescimento relativo acumulada até o dia 11/7, não permaneceram constantes em todos os tratamentos, conforme pode ser observado a seguir:

Trat.	A	B	C	D	E	F	G	H	I
g/RCR	368	473	461	444	604	374	337	385	376

A relação mais reduzida está anotada no tratamento G, caracterizado por apresentar um suprimento adequado de água no primeiro e terceiro estádios mas, submetido a um regime de umidade no qual o potencial matricial da água do solo era permitido atingir -5,0 bares por ocasião da tuberização e desenvolvimento de um grande número de tubérculos. Neste caso, as plantas atingiram rapidamente a senescência, indicando que as condições que determinam este processo podem ser induzidas pela deficiência hídrica. Assim, dependendo da intensidade e duração dos deficits, o processo parece ser de natureza irreversível, pois o restabelecimento de condições mais adequadas de umidade do solo não foi suficiente para impedir sua evolução. Este fato poderia estar envolvido no decréscimo da produção observado neste tratamento. Em estudos com trigo, FISCHER & KOHN (1966b) mostraram que o rendimento de grãos foi acentuadamente relacionado à duração da área foliar após o florescimento ou, razão de senescência do tecido fotossintético.

A maior produção por unidade de razão de crescimento relativo foi anotada no tratamento E, cujas plantas suportaram um deficit mais severo apenas no início do seu desenvolvimento. Este, porém, foi suficiente para impedir que a razão de crescimento reassumisse valores significativos e compensasse os efeitos prejudiciais observados no primeiro estágio. Desde que prevaleceram condições de umidade adequadas nos períodos considerados mais críticos para a produção, estas plantas mostraram uma elevada eficiência para acumular reservas, face à reduzida área foliar apresentada. Uma vez que a redução da área foliar tenha contribuído para esta limitação, devido a correspondente diminuição da superfície fotossintetizante (SLATYER, 1969).

Dentre os tratamentos mais produtivos, a maior relação foi observada no tratamento D. Neste caso pode-se admitir que as plantas, submetidas a um deficit moderado apenas no início do desenvolvimento, caracterizavam-se por apresentar um melhor equilíbrio entre a área foliar e a produção.

Os resultados obtidos permitem concluir que o crescimento vegetativo não parece ser um indicador seguro da produção de tubérculos. Ao mesmo tempo, demonstram que a interdependência dos processos fisiológicos que determinam a produção não é absoluta, ou seja, a limitação de determinados processos fisiológicos envolvidos pode ser parcial ou totalmente recuperada, desde que condições mais favoráveis sejam oportunamente restabelecidas.

BOYER (1970a) observou que a diminuição do potencial da água da folha em milho, soja e girassol proporcionou uma inibição mais severa no alargamento das folhas que na fotossíntese. Este comportamento foi atribuído ao diferente papel da água em ambos os processos. Assim, enquanto a razão fotossintética parece estar diretamente relacionada ao fechamento estomático, o alargamento celular resulta do estado da água



nas próprias células em crescimento. Em conseqüência, a turgescência deveria afetar diferentemente a abertura estomática e o alargamento celular.

Resultados semelhantes foram obtidos por ACEVEDO et al. (1971). Estes autores verificaram que o crescimento de folhas de milho cessou completamente antes que a assimilação de  $\text{CO}_2$  fosse afetada. Desde que os níveis de ribonuclease e amilase dos tecidos não aumentaram, concluem que, pelo menos no início do deficit hídrico, a redução do crescimento não resulta de variações nos processos metabólicos mas, antes, parece ser um resultado direto da perda de turgescência necessária à expansão celular. Este fato foi reconhecido mais recentemente por HSIAO (1973).

O aumento da razão de senescência em resposta ao deficit de água imposto às plantas do tratamento I no estágio final, não afetou significativamente a produção. Neste período, a razão dos processos fisiológicos envolvidos na produção deveria estar decrescendo e o deficit de água apenas intensificaria o processo de maturação das plantas. SLATYER (1969) acentua que o efeito da deficiência hídrica em tecidos que atingiram a maturação, ou estão próximos dela, assemelha-se àquele observado na rápida senescência, isto é, inicialmente, há migração do fósforo das folhas mais velhas para as hastes e tecidos meristemáticos, seguida por um movimento do nitrogênio, o que sugere uma hidrólise progressiva das proteínas e uma interrupção da função normal da célula. Este efeito, desde que não comprometa significativamente a produção, pode ser desejável em muitas situações.

Conforme ficou estabelecido, a redução da umidade do solo parece afetar desigualmente o desenvolvimento vegetativo e a produção. Desde que a fotossíntese tenha sido menos afetada que o crescimento, as relações entre a área foliar e a produção correspondente não permaneceram constantes.

#### **Relações entre evapotranspiração e a produção de tubérculos**

As particularidades que envolveram a irrigação das parcelas experimentais, atribuídas principalmente às suas reduzidas dimensões, restringiram as informações sobre a evapotranspiração real nos diferentes tratamentos, a não ser quando empregadas para diferenciar o consumo de água necessário para proporcionar os regimes de umidade do solo preconizados em cada tratamento. Dessa maneira, o período de determinação da evapotranspiração foi adaptado aos diferentes estádios fenológicos considerados.

Conforme pode ser observado no Quadro 2, a intensidade de evapotranspiração não se manteve constante nos diferentes estádios fenológicos das plantas em cada tratamento. Estas variações, segundo LEMON et al. (1957) podem ser atribuídas às diferenças nas condições meteorológicas, no estado de energia da água do solo e, nas características intrínsecas à própria planta, observadas durante o período experimental.

A influência das condições meteorológicas pode ser avaliada através das estimativas da evapotranspiração potencial (Figura 2). Esta permaneceu aproximadamente constante nos diferentes períodos de determinação, sugerindo que as variações observadas na razão de evapotranspiração real devem ter sido causadas por fatores relacionados ao estado de energia da água do solo, ou por fatores da planta, ou por ambos.

O efeito do regime de umidade do solo está bem caracterizado nos diferentes tratamentos. Assim, a intensidade de evapotranspiração foi, de certo modo, proporcional ao nível de umidade que prevaleceu no solo. As reduções unitárias, em relação ao tratamento A, estão anotadas no Quadro 4.

A diminuição do teor de umidade do solo é acompanhada por uma redução no estado de energia da água e na condutibilidade hidráulica (EAGLEMAN & DECKER, 1965). Isto poderia restringir o fornecimento de água às superfícies de evaporação no solo e na planta, contribuindo assim para reduzir a intensidade do processo evaporativo. Além disso, os deficits hídricos na planta, associados a maior impedância ao movimento da água no solo a reduzidos valores de potencial (GARDNER & EHLIG, 1962) provocaram uma redução no desenvolvimento vegetativo das plantas (Figura 1) diminuindo a superfície transpirante.

QUADRO 4. Valores de evapotranspiração real dos diferentes tratamentos em relação ao tratamento A, nos três estádios considerados e no ciclo fenológico.

Tratamentos	1º Estádio	2º Estádio	3º Estádio	Ciclo
B	0,84	0,78	0,81	0,84
C	0,59	0,58	0,57	0,68
D	0,84	1,04	1,00	0,98
E	0,59	0,96	1,00	0,90
F	1,00	0,75	1,10	0,95
G	1,00	0,63	1,78	0,84
H	1,00	1,00	0,71	0,92
I	1,00	1,00	0,78	0,97

A energia líquida que atinge a superfície do solo em uma cultura plantada em linhas, mesmo quando completamente desenvolvida, representa uma grande proporção da radiação líquida resultante do balanço de energia na interface planta-ar (TANNER, 1960). Conseqüentemente, estando a superfície do solo com um reduzido teor de umidade, a evaporação deverá contribuir com uma pequena proporção para a quantidade total de água evapotranspirada (BRESLER & KEMPER, 1970; GARDNER et al., 1970). Nestas condições, o maior intervalo entre irrigações, característico dos tratamentos onde o potencial da água do solo era permitido atingir níveis mais reduzidos, deve ter contribuído decisivamente para diminuir a razão evaporativa. Por outro lado, em condições adequadas de umidade, a evapotranspiração depende em grande parte das condições meteorológicas, e pode ter sido pouco influenciada pelas variações no desenvolvimento vegetativo das plantas (FISCHER & KOHN, 1966a).

Os efeitos combinados do solo e da planta na determinação da intensidade de evapotranspiração de cada tratamento podem ser apreciados, a partir das relações entre a evapotranspiração potencial e a evapotranspiração real determinadas nos diferentes estádios fenológicos considerados (Quadro 5).

QUADRO 5. Relações entre a evapotranspiração real e a potencial nos diferentes tratamentos e estádios fenológicos considerados.

Tratamentos	Emergência	1º Estádio	2º Estádio	3º Estádio	Ciclo
A	0,75	0,90	0,98	0,67	0,81
B	0,75	0,76	0,76	0,55	0,68
C	0,75	0,54	0,57	0,59	0,55
D	0,75	0,76	0,98	0,67	0,79
E	0,75	0,54	0,98	0,67	0,73
F	0,75	0,90	0,76	0,74	0,77
G	0,75	0,90	0,57	0,51	0,68
H	0,75	0,90	0,98	0,48	0,74
I	0,75	0,90	0,98	0,51	0,79

Admitindo-se que valores de potencial da água do solo superiores a -0,5 bar não tenham oferecido maiores restrições à disponibilidade de água às plantas (GARDNER & EHLIG, 1962; STOCKTON, 1962, citado por SINGH, 1969; SCALOPPI, 1972) é possível avaliar a exigência hídrica das plantas nos diferentes estádios fenológicos considerados. Para tanto, basta examinar as relações entre a evapotranspiração real e a potencial, assumidas pelo tratamento A.

Conforme mostram os dados do Quadro 5, o maior consumo de água está evidenciado no segundo estágio, quando, além da tuberização, prevalecia o desenvolvimento de um grande número de tubérculos. Neste período o desenvolvimento vegetativo atingiu sua expressão máxima, conforme revela a Figura 1, demonstrando haver uma elevada correlação entre a área foliar e a intensidade de evapotranspiração, em condições de umidade do solo, presumivelmente, não limitantes ao processo.

Com o objetivo de avaliar a eficiência de utilização de água pelas plantas, foram estabelecidas as relações entre a produção média por parcela, expressa em gramas, e a quantidade total de água evapotranspirada, em milímetros, para cada tratamento:

Trat.	A	B	C	D	E	F	G	H	I
g/mm água	4,19	4,24	4,53	4,38	3,95	4,24	4,79	4,79	5,06

Conforme pode ser observado, a maior produção por unidade de água evapotranspirada refere-se ao tratamento I, caracterizado por apresentar um regime adequado de umidade no primeiro e segundo estádios, e não recebendo, posteriormente, nenhuma irrigação. A ocorrência de reduzidos valores de potencial da água do solo ao final do ciclo fenológico apressou a senescência das plantas, conferindo uma nítida manifestação de precocidade. Este comportamento foi observado também nos tratamentos C e G, conforme discutido anteriormente. Em termos práticos, o esquema de fornecimento de água às plantas adotada no tratamento I parece reunir maiores vantagens que aqueles atribuídos aos demais tratamentos.

Baseadas neste critério, as maiores relações foram observadas, a seguir, nos tratamentos H, G e C. Neste particular, parece conveniente estabelecer um critério que consi-

dere a eficiência de utilização de água e a produção correspondente. Assim, VIETS Jr. (1961) observou que nem sempre é desejável obter uma elevada eficiência de utilização de água, pois a produção correspondente poderá ser muito reduzida. Esta observação poderá ser aplicada no presente trabalho onde, considerando apenas a produção física, nota-se uma indiscutível vantagem favorecendo, pela ordem, os tratamentos I, H, G e C. Relações tipicamente intermediárias foram observadas nos tratamentos D, F e B, caracterizados pela ocorrência de valores de potencial matricial superiores a -1,0 bar em apenas um ou nos três estádios fenológicos considerados.

O valor relativamente baixo encontrado no tratamento A pode ser explicado, considerando-se os resultados de TANNER (1960). Este autor encontrou que uma elevada proporção da radiação líquida total atinge a superfície de um solo cultivado em linhas, mesmo quando as plantas estiverem completamente desenvolvidas. Nestas condições, estando a superfície úmida, a evaporação da água do solo deverá contribuir significativamente para aumentar a evapotranspiração da cultura, diminuindo assim a eficiência de utilização de água pelas plantas.

A ocorrência de reduzidos valores de potencial no estágio inicial de desenvolvimento das plantas contribuiu para reduzir a produção por unidade de água evapotranspirada. Assim, o tratamento E apresentou o menor índice de eficiência de utilização de água, uma vez que o deficit inicial diminuiu, quase irreversivelmente, o crescimento das plantas, limitando a superfície fotossintetizante. Por outro lado, havendo condições mais adequadas de umidade no segundo e terceiro estádios, as perdas evaporativas devem ter sido intensificadas, apesar da área foliar mais reduzida (FISCHER & KOHN, 1966a).

É interessante notar que, aparentemente, não existe semelhança de comportamento entre o crescimento e a evapotranspiração sobre a produção. Assim, por exemplo, o tratamento E, que apresentou o menor índice de eficiência de utilização de água, revelou ao mesmo tempo, a maior eficiência para acumular reservas, avaliada pela relação entre a produção e a razão de crescimento relativo das plantas. Uma situação quase inversa foi apresentada pelo tratamento I. Isto vem comprovar que a produção por unidade de crescimento da área foliar não deve se constituir em um índice absoluto para definir os critérios de irrigação.

#### SUMMARY

Changes in soil water regime during vegetative growth and yield production of potato crop was not equally affected by soil water depletion. Concerning to yield production the results show that the soil water depletion effect are closely related to intensity and duration of water deficits and stage of plant growth in which they occurs. So, it was established that during the stage of tuberization and tuber development, the plant exhibited higher sensibility to water deficiency than in the initial or final stage of plant growth. On the other hand, moderate deficits (-1.0 bar of soil water matric potential) occurring in the initial stage of plant growth did not have any effect in tuber yield. This was attributed to the resumption of growth in the following stage. However, when a more severe water deficiency occurred (-5.0 bars of soil water matric potential), it was not observed the resumption phenomenon. In this case, an irreversible decrease in

growth had the effect of decreasing yield.

Soil moisture depletion in the final growth stage, about 60 days after plant emergence, did not decrease tuber yield, which increased plant water efficiency. When water supply was suppressed in this stage, the senescence was hastened in 16 days when compared to the other treatments with higher levels of soil moisture.

As was evidenced, the vegetative growth is not an absolute index of the potato yield production.

#### LITERATURA CITADA

- ACEVEDO, E., HSIAO, T.C. & HENDERSON, D.W., 1971. Immediate and subsequent growth responses of maize leaves to changes in water status. *Pl. Physiol.*, Lancaster, 48(5):631-636.
- BOOCK, O.J., 1963. Instruções para a cultura da batatinha. *Bol. téc. Inst. agron. Est. Campinas*, 128. 68 p.
- BOUYOUCOS, G.J. & MICK, A.H., 1940. An electrical resistance method for the continuous measurement of soil moisture under field conditions. *Tech. Bull. Mich. agric. Exp. Stn.* 172. 38 p.
- BOYER, J.S., 1970a. Leaf enlargement and metabolic rates in corn, soybean, and sunflower at various leaf water potentials. *Pl. Physiol.*, Lancaster, 46(2):233-235.
- BRESLER, E. & KEMPER, W.D., 1970. Soil water evaporation as affected by wetting methods and crust formation. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, 34(1):3-8.
- EAGLEMAN, J.R. & DECKER, W.L., 1965. The role of soil moisture in evapotranspiration. *Agron. J.*, 57(6):626-629.
- EPSTEIN, E. & ROBINSON, R.R., 1965. A rapid method for determining leaf area of potato plants. *Agron. J.*, 57(5):515-516.
- FISCHER, R.A. & KOHN, G.D., 1966a. The relationship between evapotranspiration and growth in the wheat crop. *Aust. J. agric. Res.*, 17(3):255-267.
- & —————, 1966b. The relationship of grain yield to vegetative growth and post-flowering leaf area in the wheat crop under conditions of limited soil moisture. *Aust. J. agric. Res.*, 17(3):281-295.
- GARDNER, W.R. & EHLIG, C.F., 1962. Impedance to water movement in soil and plant. *Science*, Wash., 138(3539):522-523.
- , HILLEL, D. & BENYAMINI, Y., 1970. Post-irrigation movement of soil water. II. Simultaneous redistribution and evapotranspiration. *Wat. Resour. Res.*, 6(4):1148-1153.
- HAGAN, R.M., PETERSON, M.L., UPCHURCH, R.P. & JONES, L.J., 1957. Relationships of soil moisture stress to different aspects of growth in Ladino Clover. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, 21(4):360-365.
- HSIAO, T.C., 1973. Plant responses to water stress. *A Rev. Pl. Physiol.*, 24:519-570.
- LEMON, E.R., GLASER, A.H. & SATTERWHITE, L.E., 1957. Some aspects of the relationship of soil, plant and meteorological factors to evapotranspiration. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, 21(5):464-468.
- PIMENTEL GOMES, F., 1970. *Curso de Estatística Experimental*. 4ª ed. São Paulo, Livraria Nobel, 430 p.

- RAWITZ, E., 1970. The dependence of growth rate and transpiration rate on plant and soil physical parameters under controlled conditions. *Soil Sci.*, 110(3):172-182.
- & HILLEL, D.I., 1969. Comparison of indexes relating plant response to soil moisture status. *Agron. J.*, 61(2):231-235.
- SCALOPPI, E.J., 1972. Métodos climatológicos para avaliar a evapotranspiração. Dissertação apresentada à Escola Sup. Agric. "Luiz de Queiroz", Univ. São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Ciências. 80 p. mimeogr.
- SINGH, G., 1969. A review of the soil moisture relationship in potatoes. *Am. Potato. J.*, 46(10):398-403.
- SLATYER, R.O., 1967. *Plant-Water Relationship*. New York, Academic Press, 366 p.
- , 1969. Physiological significance of internal water relations to crop yield. In, Eastin, J. D., Haskins, F.A., Sullivan, C.Y e van Bavel, C.H.M. (ed.). *Physiological Aspects of Crop Yield*. Am. Soc. Agron., Crop Sci. Soc. Am., Madison, Wisc. p. 53-83.
- TANNER, C.B., 1960. Energy balance approach to evapotranspiration from crops. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, 24(1):1-8.
- , 1967. Measurement of evapotranspiration. *Agronomy, U.S. Dep. Agric.*, 11:534-574.
- TAYLOR, S.A., 1955. Field determinations of soil moisture. *Agric. Engng. St. Joseph, Mich.*, 36(10):654-659.
- VAADIA, Y., RANEY, F.C. & HAGAN, R.M., 1961. Plant water deficits and physiological processes. *A. Rev. Pl. Physiol.*, 12:265-292.
- VIETS Jr., F.G., 1962. Fertilizers and the efficient use of water. *Adv. Agron.*, 14:223-264.