

INTRODUÇÃO

A água é fundamental na produção agrícola. Sua falta ou excesso afetam decisivamente o desenvolvimento das plantas e seu manejo racional, que somente é possível através do conhecimento das exigências hídricas das culturas, é fundamental na maximização da produção agrícola. Neste sentido, existem vários métodos de determinação direta da evapotranspiração real (ET_r) e de estimativa, a partir da potencial (ETP), por meio de coeficientes apropriados, denominados coeficientes de cultura, os quais são função da cultura em estudo.

O consumo de água é diferente nos diversos subperíodos de desenvolvimento das culturas. Os subperíodos de maior exigência hídrica para a cultura da batata ocorrem na estolonização e início da tuberação (STRUCHTEMEYER, 1960; LIS et al., 1964) e formação da produção (DOORENBOS & KASSAN, 1979). Para SCALOPI & SCARDUA (1975), essa cultura apresenta maior sensibilidade à redução da umidade no solo por ocasião da tuberação e desenvolvimento dos tubérculos.

O processo de transferência da água sob a forma de vapor do sistema solo-planta-atmosfera é conhecido como evapotranspiração (REICHARDT, 1985; BERLATO & MOLION, 1981). A evapotranspiração atual (ET_a) é a perda de água para a atmosfera por evaporação e transpiração, nas condições atmosféricas e de umidade do solo reinantes (Gangopadhyaya apud BERLATO & MOLION, 1981). A evapotranspiração não depende somente da demanda evaporativa e da tensão de água no solo, mas também de outros fatores, como a textura do solo, profundidade e desenvolvimento de sistema radicular, densidade e albedo da vegetação (BERLATO & MOLION, 1981). Segundo EAGLEMAN & DECKER (1965), a redução do conteúdo de água no solo aumenta a tensão com que a água é retida e reduz a condutividade hidráulica, diminuindo a taxa de evaporação. SCALOPI & SCARDUA (1975), afirmam que a evapotranspiração de culturas plantadas em linha é aumentada devido à maior evaporação da água do solo em função da elevada proporção de radiação líquida que atinge a superfície do solo.

Para DOORENBOS & KASSAN (1979), a cultura da batata com ciclo de 120 a 150 dias consome de 500 a 700mm. ENCARNAÇÃO (1987), conduziu um experimento com batata em lisímetros com nível freático constante, no qual o consumo foi de 271,3mm. SCALOPI & SCARDUA (1975), obtiveram ET_r da batata variando de 183,8mm a 311,8mm durante o ciclo, para tratamento de manejo da umidade no solo na tensão de 500 kPa e de 50 kPa, respecti-

vamente. REBOUR & DELOYE (1971), afirmaram que as exigências hídricas da cultura da batata começam claramente inferiores a ETP (59%), durante a tuberação (período crítico) alcança 162% da ETP e quando se aproxima à maturação, a ET_r alcança 76% da ETP.

Este trabalho teve como objetivo geral, obter um melhor entendimento do processo de transferência da água no sistema solo-planta-atmosfera na cultura da batata, visando a utilização mais racional dos recursos hídricos. Os objetivos específicos foram: determinar a evapotranspiração atual no ciclo e nos diversos subperíodos de desenvolvimento da cultura cultivada sob três níveis de manejo da umidade no solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Realizou-se o experimento em área do Departamento de Engenharia Rural da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), RS. O tipo fundamental de clima que predomina na região é o "CFa", temperado moderado chuvoso, de acordo com a classificação climática de Koeppen (MORENO, 1961). O solo da área experimental é classificado como Podzólico Vermelho-Amarelo, de textura média, relevo ondulado e substrato arenito (BRASIL, 1973).

As principais características físicas deste solo, determinadas por NISHIJIMA (1986), encontram-se detalhadas na Tabela 1.

Tabela 1. Valores dos parâmetros físicos (quatro repetições) do perfil do solo Podzólico Vermelho-Amarelo, adaptado de NISHIJIMA (1986).

Parâmetros	Profundidade		
	0 - 16	16 - 42	42 - 57
Densidade do solo (g/cm ³)	1,39	1,41	1,43
Densidade de partícula (g/cm ³)	2,57	2,61	2,65
Macroporosidade (% volume)	11,17	12,69	15,96
Microporosidade (% volume)	35,13	33,39	30,08
Classe textural	franco	franco	franco-argiloso

A curva característica de água no solo, para a camada de 0 - 0,2m, segundo NISHIJIMA (1986), é a seguinte:

$$y = 24,0064 - 4,9442927 \log X \dots\dots\dots(1)$$

onde: y = umidade (% massa)
x = potencial matricial (kPa)

A cultura avaliada foi batata (*Solanum tuberosum* L.), cultivar "Baronesa", com ciclo de aproximadamente 83 dias após a emergência (COSTA & LOPES, 1982). O preparo do solo consistiu de uma aração e gradagem. O plantio foi realizado, manualmente, em 19 de setembro de 1989.

A cultura foi submetida aos seguintes níveis de manejo da umidade: a) *tratamento 45 kPa* - irrigação da cultura quando a tensão matricial de água no solo, na camada de 0 - 0,2m de profundidade, atingia 45 kPa; b) *tratamento 85 kPa* - irrigação quando a tensão matricial da água no solo, na mesma camada atingia 85 kPa; c) *testemunha* - sem irrigação.

Manejou-se a irrigação visando manter a tensão da água no solo, na camada de 0 - 0,2m de profundidade, dentro dos limites estabelecidos nos tratamentos, efetuando-se o controle através de um tensiômetro com vacuômetro por parcela, instalado na profundidade de 0,1m. A irrigação, em cada parcela experimental, foi efetuada por 4 microaspersores com uma pressão de serviço de 1,5 atm. O volume de água aplicado mediu-se através de hidrômetro, aferido previamente. Considerou-se como limite superior de disponibilidade hídrica, a capacidade de campo (tensão de 6 kPa).

O delineamento experimental foi blocos casualizados com três repetições. As parcelas tinham 6,0m de comprimento por 4,8m de largura.

A evapotranspiração atual foi determinada pelo método do balanço hídrico, para cada parcela, aplicando-se a expressão geral da conservação de massa, conforme LIBARDI (1984) e REICHARDT (1985). Os subperíodos considerados para a determinação da evapotranspiração foram, segundo LIS et al. (1964), os seguintes: *P2* - emergência até aparecimento dos estolões; *P3* - desde o início da estolonização até início da tuberização; *P4* - desde o início da tuberização até 1/3 do peso máximo dos tubérculos; *P5* - desde 1/3 do peso máximo até 2/3 do peso máximo dos tubérculos; *P6* - desde 2/3 do peso máximo até a maturação e senescência.

Efetuuou-se o balanço hídrico durante todo o ciclo da cultura, em intervalos de 7 dias. Alguns tiveram duração menor, porque toda vez que se completava um subperíodo de desenvolvimento da cultura, efetuava-se o balanço, ocorrendo assim 11 períodos de balanço com 7 dias de duração e 4 com menos.

Os dados de precipitação e evaporação do tanque Classe A (ECA) não corrigidos, para todo ciclo da cultura, foram obtidos na Estação Climatológica Principal da UFSM.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A variação dos diversos componentes do balanço hídrico, durante o ciclo da cultura (emergência à colheita), são mostrados nas figuras 1, 2 e 3.

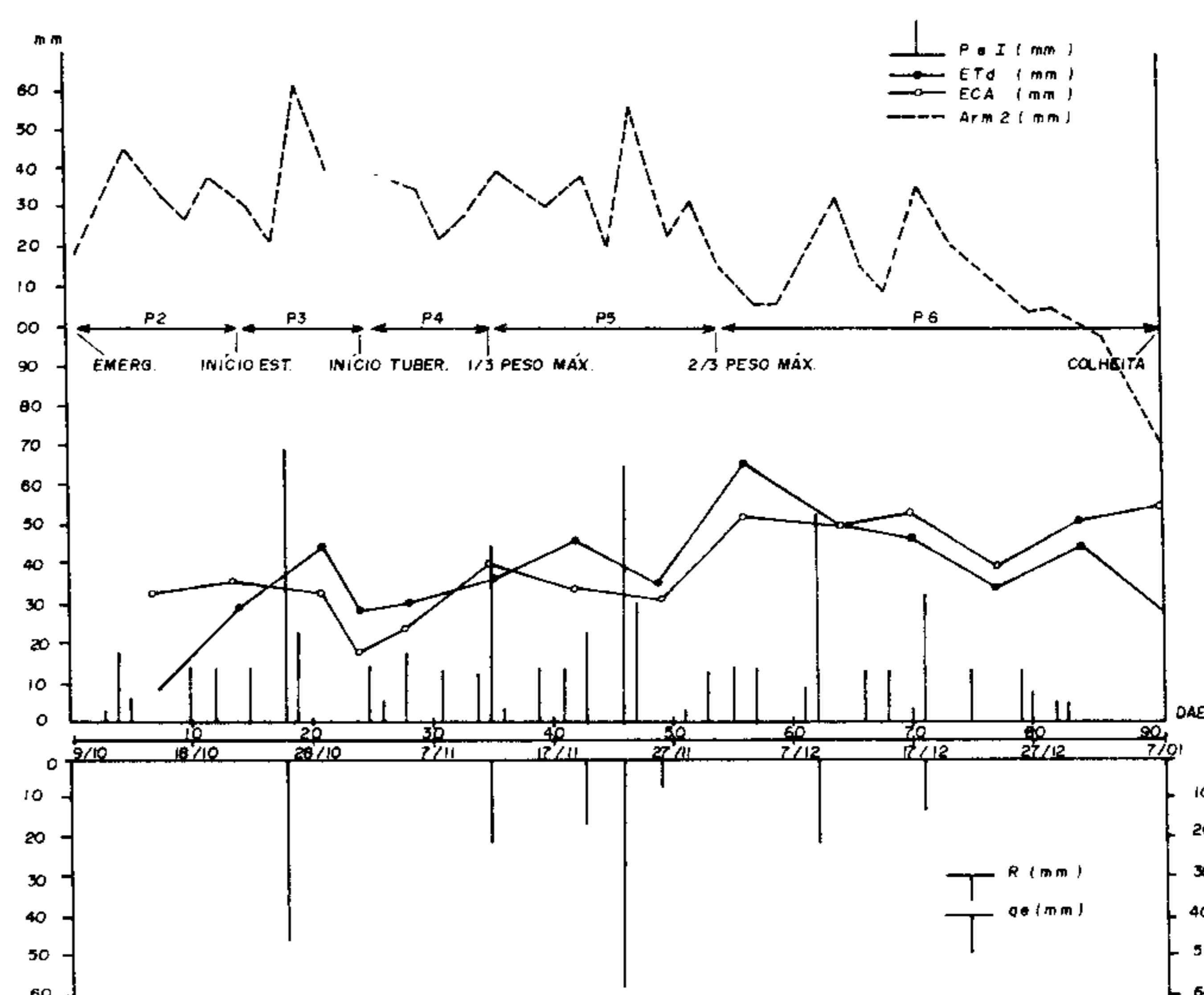


Figura 1. Variação da precipitação (P), irrigação (I), escoamento superficial (R), drenagem profunda (qd), evapotranspiração atual (ETA acumulada no período), evaporação do tanque classe A (ECA acumulada no período) e armazenamento da água no perfil, para o *Tratamento 45 kPa*, ao longo do ciclo da cultura da batata.

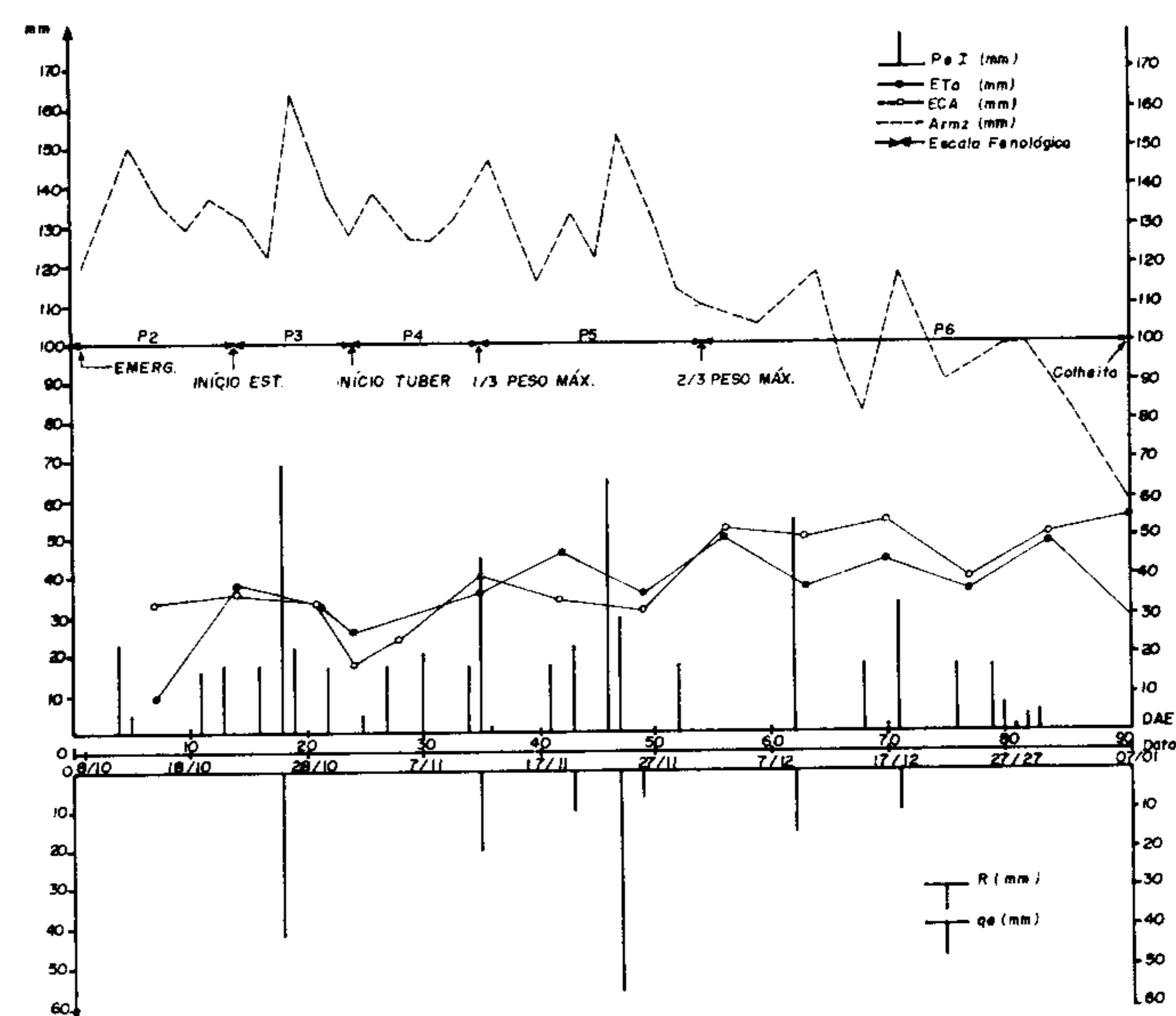


Figura 2. Variação da precipitação (P), irrigação (I), escoamento superficial (R), drenagem profunda (qd), evapotranspiração atual (ETA acumulada no período), evaporação do tanque classe A (ECA, acumulada no período) e armazenamento da água no perfil, para o *Tratamento 85 kPa*, ao longo do ciclo da cultura da batata.

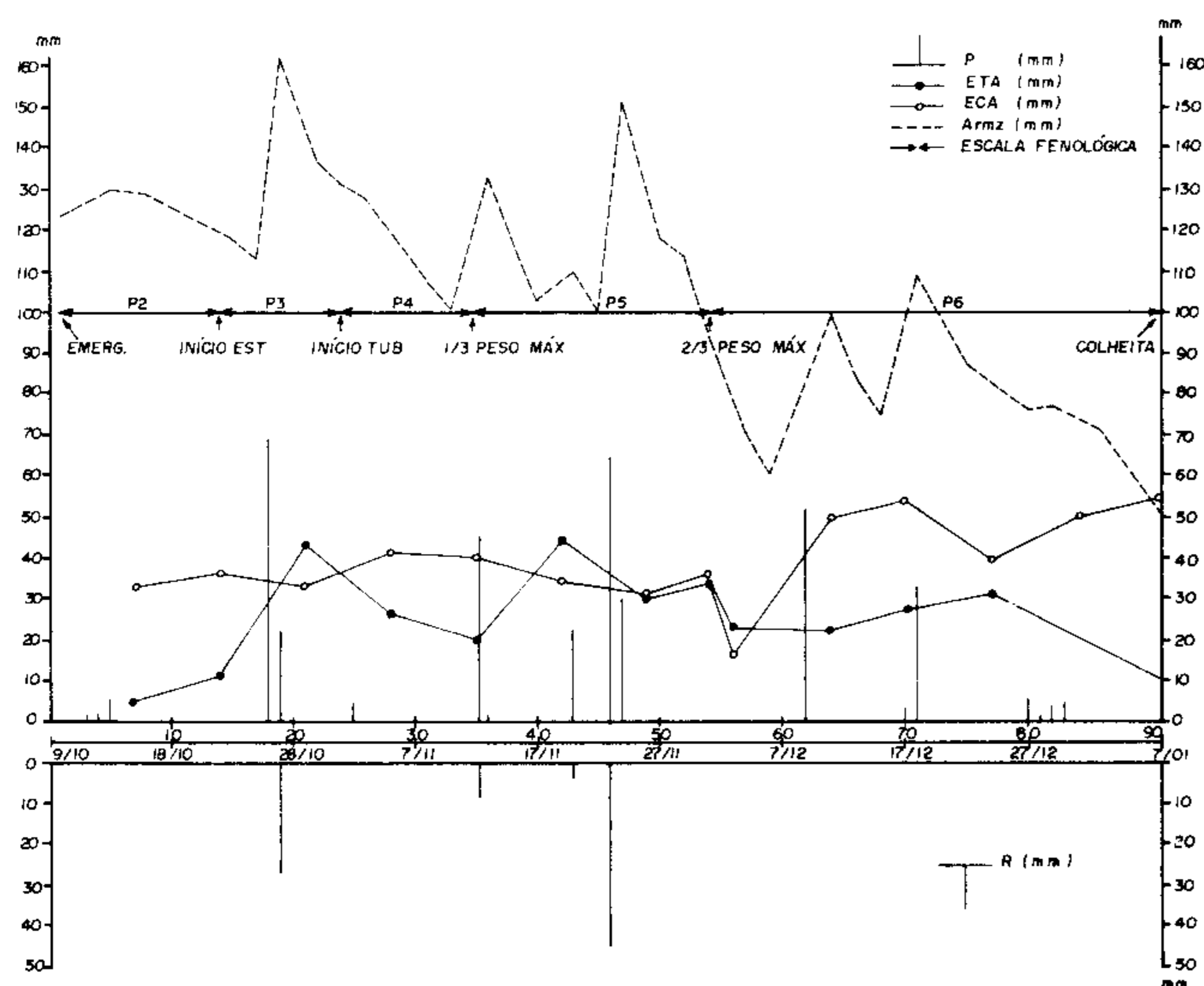


Figura 3. Variação da precipitação (P), irrigação (I), escoamento superficial (R), drenagem profunda (q), evapotranspiração atual (ETA acumulada no período), evaporação do tanque Classe A (ECA acumulada no período) e armazenamento da água no perfil, para o Tratamento testemunha, ao longo do ciclo da cultura da batata.

Os valores ETA da cultura da batata, submetida a três níveis de manejo da umidade disponível no solo, determinados por subperíodos de desenvolvimento, estão apresentados na Tabela 2 e Figura 4.

Os valores totais da ETA diferiram significativamente entre si, sendo de 524,9mm; 493,8mm e 348,5mm durante o ciclo da cultura e um consumo médio de 5,8mm/dia; 5,4mm/dia e 3,8mm/dia, para os tratamentos 45 kPa, 85 kPa e testemunha, respectivamente. A evapotranspiração aumentou com a diminuição da tensão da água no solo, concordando com EAGLEMAN & DECKER (1965) e BERLATO & MOLION (1981). Estes resultados devem-se à maior disponibilidade hídrica durante o ciclo, nos tratamentos que apresentaram maior consumo, que além de favorecer a transpiração da cultura, favoreceu a evaporação do solo que é acentuada em culturas plantadas em linha (SCALOPI & SCARDUA, 1975), elevando-se assim a evapotranspiração da cultura.

No tratamento 45 kPa não houve diferença significativa entre a ETA e a ECA, devido à boa disponibilidade hídrica no solo durante o desenvolvimento da cultura, sugerindo que neste tratamento a cultura desenvolveu-se sem restrições hídricas.

Os valores totais de ETA foram superiores aos encontrados por ENCARNAÇÃO (1987) e SCALOPI & SCARDUA (1975) devido, provavelmente, a diferenças nas condições edafoclimáticas dos experimentos.

Tabela 2. Evapotranspiração atual média (mm/dia) nos diversos subperíodos de desenvolvimento da cultura da batata, cultivar "Baronesa" submetida a três níveis de manejo da umidade do solo e evaporação média do tanque Classe A (mm/dia), em Santa Maria, RS, no ano agrícola 89/90 (Média de três repetições).

Subperíodo	Duração do subperíodo	Níveis de manejo da irrigação			Tanque Classe A
		45kPa	85kPa	Testemunha	
----- mm/dia -----					
P2	14	2,54 c*	3,33 b	1,17 d	5,00a
P3	10	7,28a	6,09 b	4,95 c	5,00 c
P4	12	6,06a	5,92a	3,58 b	5,83a
P5	18	6,02a	6,21a	5,70ab	5,35 b
P6	37	6,36 b	5,49 c	3,65 d	7,15a
Média (mm/dia)		5,77	5,43	3,83	6,05
Total (mm)		524,86a	493,77 b	348,52 c	550,37a

* Médias seguidas de letras distintas, na horizontal, diferem significativamente entre si (Duncan, 5%).

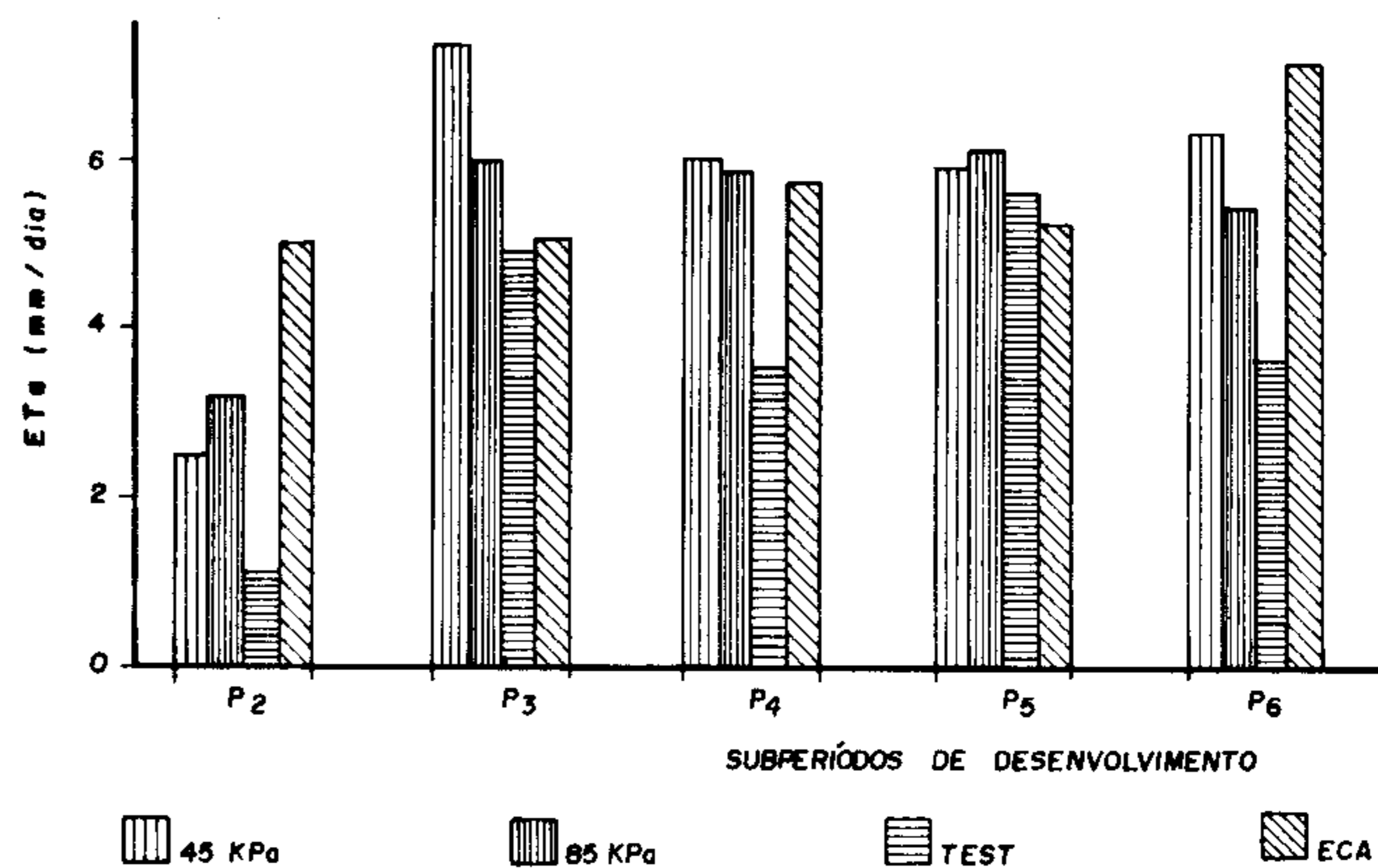


Figura 4. Evapotranspiração atual (mm/dia) da cultura da batata submetida a três níveis de manejo da umidade no solo e evapotranspiração do tanque classe A (mm/dia).

Os valores da ETA durante o ciclo da cultura apresentaram uma diminuição de 5,9% e 33,6% nos tratamentos 85 kPa e testemunha, respectivamente, em relação ao tratamento 45 kPa.

Os valores mais elevados de ETA no tratamento 45 kPa ocorreram no subperíodo P3 (7,3mm/dia), diferindo significativamente da ETA dos outros tratamentos. Este fato se explica pela contribuição da evaporação do solo, devido à maior disponibilidade hídrica neste tratamento. O valor mínimo observado para o tratamento 45 kPa, como para os demais, ocorreu no subperíodo P2, sendo inferior ao consumo observado no tratamento 85 kPa e superior

à *testemunha*. Esta diferença provavelmente deva-se ao desenvolvimento vegetativo ter sido desuniforme até esta fase.

No subperíodo *P₄*, a ETa nos *tratamentos 45 kPa, 85 kPa* e a ECA foram semelhantes, diferindo estatisticamente da *testemunha*. Nesta fase houve equilíbrio da área foliar nos tratamentos irrigados, reduzindo o efeito da evaporação da superfície do solo. O consumo de água no tratamento *testemunha* foi inferior devido à menor disponibilidade hídrica do solo e também pela reduzida superfície transpirante da cultura causada pelo déficit hídrico.

No subperíodo *P₅*, não houve diferenças significativas entre os tratamentos, devido às precipitações pluviométricas que elevaram a disponibilidade hídrica do solo. Esta constatação é reforçada pelo maior consumo, durante o ciclo, nos *tratamentos 85 kPa* e *testemunha*.

No subperíodo *P₆* (fim da tuberação até maturação), foram verificadas diferenças significativas entre ETa nos tratamentos e a evaporação do tanque Classe A. Segundo REBOUR & DELOYE (1971), SCALOPI & SCARDUA (1975), DOORENBOS & KASSAN (1979), ENCARNAÇÃO (1987), neste subperíodo, há diminuição do consumo hídrico da cultura e redução acentuada da área foliar funcional, além de uma alta demanda evaporativa (NELSON & HWANG, 1975; COSTA & LOPES, 1982).

Numa análise conjunta da Tabela 2 e Figuras 1, 2 e 3, observa-se que o consumo da cultura, submetida aos *tratamentos 45 kPa* e *85 kPa*, foi superior a ECA entre o vigésimo e sexagésimo dias após a emergência, ou seja, desde o início da estolonização até 2/3 do peso máximo dos tubérculos, sugerindo serem estes os subperíodos de maior exigência hídrica, concordando com STRUCHTEMEYER (1960); LIS et al. (1964); REBOUR & DELOYE (1971); SCALOPI & SCARDUA (1975); NELSON & HWANG (1975); DOORENBOS & KASSAN (1979); ENCARNAÇÃO (1987).

Observa-se também, nas figuras 1, 2 e 3, que todos os componentes do balanço hídrico tiveram magnitude relevante, para explicar o comportamento hídrico no volume de controle no solo.

CONCLUSÕES

Baseado nos resultados obtidos, em função da metodologia empregada e nas condições em que se desenvolveu o experimento, conclui-se que:

a) o consumo hídrico foi proporcional à disponibilidade no solo, à demanda evaporativa da atmosfera e ao estágio de desenvolvimento da planta;

b) em estudos de balanço hídrico, que utilizarem a lei da conservação das massas, aplicada diretamente num volume de controle, deve-se considerar e medir todas as componentes envolvidas no processo, para não incorrer em erros nas estimativas

da evapotranspiração;

c) nos *tratamentos 45 kPa, 85 kPa, testemunha* os subperíodos de maior exigência hídrica foram a estolonização, tuberação e início da formação dos tubérculos; e

d) o subperíodo de menor consumo hídrico ocorreu da emergência até aparecimento dos estolões.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERLATO, M.A., MOLION, L.C.B. **Evaporação e evapotranspiração**. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Agronômicas, 1981. 96 p. (Boletim técnico, 7).
- BRASIL. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife: Ministério da Agricultura, Departamento Nacional de Agropecuária, Divisão de Pesquisa Pedológica, 1973. 431 p. (Boletim técnico, 30).
- COSTA, D.M., LOPES, N.F. Duração e velocidade de tuberação e peso da parte aérea na cultura da batata. **Pesq Agrop Bras**, v. 17, n. 12, p. 1737-1741, 1982.
- DOORENBOS, J. KASSAN, A.H., **Yield response to water**. Rome: Food and Agricultural Organization of the United Nations, 1979. p. 121-124. (Irrigation and Drainage Paper, 33).
- EAGLEMAN, J.R., DECKER, W.L. The role of soil moisture in evapotranspiration. **Agron J**, v. 57, n. 6, p. 626-629, 1965.
- ENCARNAÇÃO, E.A. **Coefficientes culturais na cultura da batata**. Piracicaba, 1987. 87 p. Tese (Doutorado em Agroclimatologia). Curso de Pós-graduação em Climatologia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, 1987.
- LIBARDI, P.L. **Dinâmica da água no sistema solo-planta-atmosfera**. Piracicaba: ESALQ/CENA/USP, 1984. 232 p.
- LIS, B.R., PONCE, I., TIZIO, R. Studies on water requirement of horticultural crops. I. Influence of drought at different growth stages of potato on tuber's yield. **Agron J**, v. 56, n. 4, p. 377-381, jul-ago, 1964.
- MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, Diretoria de Terras e Colonização, Seção de Geografia, 1961. 46 p.
- NELSON, S.H., HWANG, K.E. Water usage by potato plants at different stages of growth. **Am Potato J**, v. 52, p. 331-339, 1975.
- NISHIJIMA, T. **Balanço hídrico da cultura do milho em cinco sistemas de manejo do solo**. Santa Maria, 1986. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Santa Maria, 1986.
- REBOUR, H., DELOYE, M. **El riego**. 2. ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1971. cap. VIII: La realización de los riegos: p. 245-286.
- REICHARDT, K. **Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera**. 4. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 445 p.
- SCALOPI, J.E., SCARDUA, R. Variação do regime de umidade do solo durante o ciclo fenológico de plantas de batata. **Anais da ESALQ/USP**, v. 32, p. 33-46, 1975.
- STRUCHTEMEYER, R.A. Efficiency of the use of water by potatoes. **Am Potato J**, v. 38, n. 1, p. 22-24, 1960.