

DETERMINAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO ATUAL E POTENCIAL DA CULTURA DE MELANCIA (Citrullus lanatus Thunb.)

MARCELO DE NOVAES LIMA FERREIRA

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À COORDENAÇÃO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO, IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

FORTALEZA - 1990

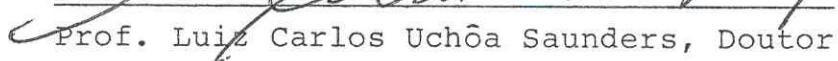
Esta Dissertação foi submetida como parte dos requisitos necessários à obtenção do Grau de Mestre em Agronomia, Área de Concentração em Irrigação e Drenagem, outorgado pela Universidade Federal do Ceará, e encontra-se à disposição dos interessados na Biblioteca Central.

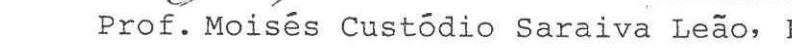
A citação de qualquer trecho desta Dissertação é permitida desde que seja feita de conformidade com as normas da ética científica.

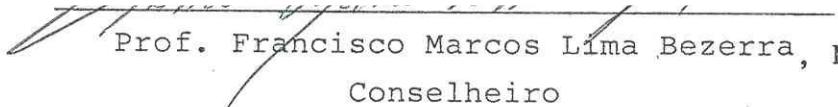
---

Marcelo de Novaes Lima Ferreira

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 31/08/90.

  
Prof. Luiz Carlos Uchôa Saunders, Doutor  
Orientador da Dissertação

  
Prof. Moisés Custódio Saraiva Leão, PhD  
Conselheiro

  
Prof. Francisco Marcos Lima Bezerra, MSc  
Conselheiro

À minha esposa  
Margarida  
e  
aos nossos filhos  
Rafael e Marcela.

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, DARCI e IRACEMA pelos seus ensinamentos, a minha gratidão.

À Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco, CODEVASF, pela oportunidade concedida para a realização desse curso.

Ao Programa Nacional de Irrigação - PRONI e ao Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq, pela bolsa de estudo fornecida durante o curso.

Ao Professor LUIZ CARLOS UCHÔA SAUNDERS pela orientação precisa no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Professor FRANCISCO MARCUS LIMA BEZERRA pelo apoio na implantação e condução dos trabalhos de campo.

Aos demais professores do Departamento de Engenharia Agrícola, pelos ensinamentos recebidos.

Ao Programa de Desenvolvimento Científico e Tecnológico para o Nordeste - PDCT/CE-01, pela ajuda financeira para a realização dos trabalhos de campo.

Enfim, a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

	Página
<u>LISTA DE TABELAS</u> .....	vii
<u>LISTA DE FIGURAS</u> .....	ix
<u>RESUMO</u> .....	xi
<u>ABSTRACT</u> .....	xii
1 - <u>INTRODUÇÃO</u> .....	1
2 - <u>REVISÃO DE LITERATURA</u> .....	3
2.1 - <u>Evapotranspiração</u> .....	3
2.2 - <u>Métodos para Determinar a Evapotranspiração</u> .....	5
2.2.1 - <u>Métodos Micrometeorológicos</u> .....	5
2.2.2 - <u>Métodos Empíricos</u> .....	6
2.2.3 - <u>Métodos de Balanço Hídrico</u> .....	7
3 - <u>MATERIAL E MÉTODOS</u> .....	13
3.1 - <u>Caracterização do Experimento</u> .....	13
3.1.1 - <u>Localização Geográfica</u> .....	13
3.1.2 - <u>Características Climáticas</u> .....	13
3.1.3 - <u>Classificação do Solo</u> .....	14
3.1.4 - <u>Recursos Hídricos</u> .....	14
3.1.5 - <u>Manejo da Cultura</u> .....	14
3.2 - <u>Fundamento do Método do Balanço Hídrico</u> .....	17
3.3 - <u>Procedimento para Determinação dos Componentes do Balanço Hídrico</u> .....	20
3.3.1 - <u>Precipitação Pluvial</u> .....	20
3.3.2 - <u>Irrigação</u> .....	20
3.3.3 - <u>Drenagem Profunda</u> .....	21
3.3.4 - <u>Deflúvio Superficial</u> .....	22
3.3.5 - <u>Variação de Armazenamento da Água do Solo</u> .....	22
3.3.6 - <u>Evapotranspiração Atual</u> .....	25
3.4 - <u>Evapotranspiração Potencial</u> .....	25
3.5 - <u>Coeficiente de Cultura</u> .....	25
3.6 - <u>Coeficiente de Irrigação</u> .....	26
4 - <u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u> .....	27
5 - <u>CONCLUSÕES</u> .....	60

6 - RECOMENDAÇÕES .....	61
7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	62

## LISTA DE TABELAS

Tabela	Figura
01 Dados climáticos da Estação Agrometeorológica da Fazenda Experimental do Vale do Curú (Pentecoste-CE) - anos de 1966 a 1984) .....	15
02 Características físicas e químicas do solo ..	16
03 Componentes do balanço hídrico da cultura de melancia na profundidade de 0-30 cm (BATERIA I) .....	28
04 Componentes do balanço hídrico da cultura de melancia na profundidade de 0-50 cm (BATERIA I) .....	34
05 Componentes do balanço hídrico da cultura de melancia na profundidade de 0-70 cm (BATERIA I) .....	35
06 Componentes do balanço hídrico da cultura de melancia na profundidade de 0-30 cm (BATERIA II) .....	36
07 Componentes do balanço hídrico da cultura de melancia na profundidade de 0-50 cm (BATERIA II) .....	37
08 Componentes do balanço hídrico da cultura de melancia na profundidade de 0-70 cm (BATERIA II) .....	38
09 Coeficientes do tanque "Classe A", de cultura e de irrigação em função do tanque para a cultura de melancia nos 12 (doze) períodos considerados no balanço hídrico (BATERIA I).	46
10 Coeficientes do tanque "Classe A", de cultura de irrigação em função do tanque para a cultura de melancia nos 12 (doze) períodos considerados no balanço hídrico (BATERIA II) .....	47

11 Elementos básicos de irrigação obtidos durante o balanço hídrico da cultura de melancia .....	59
--	----

## LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
01 Corte longitudinal de um tensiômetro instalado no solo .....	24
02 Curva característica do solo - profundidade 10 cm .....	29
03 Curva característica do solo - profundidade 30 cm .....	30
04 Curva característica do solo - profundidade 50 cm .....	31
05 Curva característica do solo - profundidade 70 cm .....	32
06 Curva característica do solo - profundidade 90 cm .....	33
07 Valores dos componentes do balanço hídrico em cada período para a cultura de melancia na profundidade de 0-30 cm (BATERIA I) .....	40
08 Valores dos componentes do balanço hídrico em cada período para a cultura de melancia na profundidade de 0-50 cm (BATERIA I) .....	41
09 Valores dos componentes do balanço hídrico em cada período para a cultura de melancia na profundidade de 0-70 cm (BATERIA I) .....	42
10 Valores dos componentes do balanço hídrico em cada período para a cultura de melancia na profundidade de 0,30 cm (BATERIA II) .....	43
11 Valores dos componentes do balanço hídrico em cada período para a Cultura de melancia na profundidade de 0-50 cm (BATERIA II) .....	44
12 Valores dos componentes do balanço hídrico em cada período para a cultura de melancia na profundidade de 0-70 cm (BATERIA II) .....	45
13 Valores em mm.dia <sup>-1</sup> da evapotranspiração do	

tanque "Classe A" (ECA), evapotranspiração atual, evapotranspiração potencial (ETP) e evapotranspiração atual (ETA) (BATERIA I) ..	51
14 Valores em mm.dia <sup>-1</sup> da evaporação do tanque "Classe A" (ECA), evapotranspiração potencial (ETP) e evapotranspiração atual (ETA) (BATERIA II) .....	52
15 Retas de regressão linear da evapotranspiração potencial (ETP) e atual (ETA) acumulados de melancia (BATERIA I) .....	53
16 Retas de regressão linear da evapotranspiração potencial (ETP) e atual (ETA) acumulados de melancia (BATERIA II) .....	54
17 Curva do coeficiente cultural ( $K_c$ ) de melancia em função do período do balanço hídrico (BATERIA I) .....	55
18 Curva do coeficiente cultural ( $K_c$ ) de melancia em função do período do balanço hídrico (BATERIA II) .....	56
19 Variação do coeficiente $K_c$ para a cultura de melancia em função dos estágios do ciclo (BATERIA I) .....	57
20 Variação do coeficiente $K_c$ para a cultura de melancia em função dos estágios do ciclo (BATERIA II) .....	58

## RESUMO

O principal objetivo do presente trabalho foi determinar a evapotranspiração atual (ETA) em melancia (*Citrullus lanatus* Thunb.) utilizando o método de irrigação por sulcos em nível, fechados no final, conduzido na área irrigável da Fazenda Experimental do Vale do Curú, pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, município de Pentecoste-CE.

Com base na metodologia do balanço hídrico, sugerida por ROSE & STERN (1967), tornou-se possível estudar os parâmetros envolvidos na determinação da evapotranspiração atual, correlacionados com os dados de evapotranspiração potencial, obtidos em função da evaporação do tanque "Classe A" de acordo com a recomendação da FAO (1975).

Na parcela experimental foram instaladas duas baterias de tensímetros às profundidades de 10, 30, 50, 70 e 90 cm com a finalidade de acompanhar a variação de umidade do solo ao longo do perfil.

A evapotranspiração atual (ETA) obtida em 82 dias distribuídos em doze períodos foi: para a BATERIA I de 6,63 mm/dia e para a BATERIA II de 6,36 mm/dia, sendo que no período crítico, ou seja, na floração e frutificação, atingiram valores máximos de 8,43 mm/dia e 8,22 mm / dia, respectivamente.

Foram determinados os coeficientes de cultivo ( $K_c$ ) e de irrigação ( $K_i$ ) para os períodos estudados, sendo o  $K_c$  médio para a BATERIA I igual a 0,98 e para a BATERIA II igual a 0,94, apresentando o  $K_c$  média das duas baterias de 0,96. Esses valores podem ser utilizados em regiões que apresentem características edafoclimáticas semelhantes às da área onde foi conduzido o experimento.

## ABSTRACT

The main objective of the present study was determining the actual evapotranspiration (ETA) of the watermellon (*Citrullus lanatus* Thunb) through the use of furrows irrigation closed to the end. The research was carried and at the Irrigation Experimental Farm which is located in Curu River Valley Pentecoste-Ce.

According to the water ballance method described by Rose & Stern (1967) it was possible to study the parametrs related to the determination of the evapotranspiration. This is correlated with the potencial evapotranspiration which is obtained by the evaporation of the "Class A" pan (FAO 1975).

In order to obtain the moister variation of the soil perfil tensiometers were fixed in the experimental area.

The actual evapotranspiration obtained in 82 days which were distributed in 12 periods were 6.63 mm/day for line one and for 6.36 mm/day for line two. However in the critical stages (flowering and fruting) the levels were 8.43 mm/ day and 8.22 mm/day respectevely.

The crop coeficient (kc) and the irrigation coeficient (ki) were determined and the mean values was 0.96 for Kc and 0.71 for Ki. These values may be utilezed for irrigation management in regions similar to the one under study.

## 1 - INTRODUÇÃO

Existem poucas informações sobre evapotranspiração atual (ETA) na cultura da melancia (*Citrullus lanatus* Thunb), parâmetro de grande importância, tanto para o planejamento de obras de irrigação, como para a operação de projetos já em operação, contribuindo também para aumentar a eficiência de aplicação de água a nível parcelar.

A evapotranspiração atual (ETA) varia de acordo com o estágio de desenvolvimento da cultura e as condições de solo e clima, constituindo-se, dessa forma, um valor específico para cada região.

Existem vários métodos para a determinação da evapotranspiração de uma cultura, sendo que neste trabalho utilizou-se o método do balanço hídrico, que consiste na contabilidade da quantidade de água que entra, sai e permanece disponível às plantas num dado intervalo de tempo.

Os frutos da melancia são utilizados em todo o mundo, tanto na alimentação humana como na animal. No Brasil é cultivada em quase todas as regiões, sendo que na Região Sul, em Santa Catarina é a quarta hortaliça em área de cultivo. No Nordeste, ao lado da cultura do melão, tem se apresentado como uma das mais importantes, devido a sua adaptação às condições semi-áridas, comportando-se sem maiores problemas fitossanitários e com um rendimento médio de 25 a 30 toneladas por hectare.

Com o incremento da irrigação pública e privada nos últimos anos é necessário que se tenha um conhecimento básico de irrigação, que é suprir água às plantas na quantidade adequada e no momento certo, a fim de que se obtenham produções satisfatórias com produtos de boa qualidade.

Este trabalho tem como objetivo determinar a evapotranspiração atual (ETA) da melancia pelo método do balanço hídrico num período de 82 dias, os coeficientes de cultura

(K<sub>c</sub>) e de irrigação (K<sub>i</sub>) da melancia em função da evapotranspiração potencial de referência do tanque "Classe A", para a microrregião de Pentecoste-CE.

## 2 - REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 - Evapotranspiração

REICHARDT (1975), define o termo evaporação como a passagem da água do estado líquido para o gasoso e, em agro-nomia, inclui dois processos distintos. A água de um solo úmido ou de um reservatório, barragem ou lago pode evaporar-se, sendo o processo regido por leis puramente físicas. A este processo reserva-se o termo evaporação.

A evaporação de água pelas plantas reserva-se o termo transpiração, onde fenômenos biológicos limitam as leis físicas. Ocorrendo de forma simultânea, ambos processos, dá-se o nome de evapotranspiração.

A perda d'água pelas plantas através da transpiração ou por evaporação do solo é um parâmetro importante no ciclo hidrológico, especialmente em áreas irrigadas.

Segundo ROSENBERG (1974), citado por MARCA (1985), do total de água extraída do solo pelas plantas, apenas 1 % é utilizado nas atividades metabólicas, sendo o restante perdido para a atmosfera sob a forma de vapor d'água, no processo da transpiração.

A evapotranspiração comprehende as seguintes fases:

- a) fluxo de água no perfil de solo, em direção a sua superfície e a zona de absorção radicular;
- b) fluxo de água do sistema radicular às superfícies foliares;
- c) remoção do vapor d'água por fluxo turbulento.

A evapotranspiração é afetada pelos seguintes fatores: climáticos, do solo, da planta. Dentre os fatores climáticos estão incluídos a radiação solar, temperatura, umidade relativa ao ar, precipitação, etc. (LENON et alii, 1957; SLATIER & MCILROY, 1961), citado por ASSIS (1978).

THORNTWAITE (1944), citado por CASTRO (1979), conceituou a evapotranspiração potencial como a "perda d'água de uma superfície de solo úmido, completamente coberta por vegetação suficientemente grande para tornar desprezível o efeito oásis".

PENMAN (1956), citado por JENSEN (1973), define evapotranspiração como a "quantidade de água transpirada por unidade de tempo por uma cultura de porte baixo e cultura uniforme, cobrindo totalmente o solo em desenvolvimento vegetativo e que em nenhum momento lhe falte água".

DOOREMBOS Y PRUITT (1975), afirmam que a evapotranspiração potencial pode ser obtida pela evaporação do tanque "Classe A" através da seguinte equação:

$$ETP = K_p \times ECA \dots \dots \dots \quad (01)$$

onde:

$ETP$  = evapotranspiração potencial

$K_p$  = coeficiente do tanque

$ECA$  = evaporação do tanque

os valores de  $K_p$  para diferentes condições de vento, umidade relativa e superfície cultivada são apresentados em uma tabela por DOOREMBOS & PRUITT (1975).

HARGREAVES (1974), definiu evapotranspiração potencial como a quantidade de água transpirada por uma cultura, com superfície totalmente coberta de vegetação verde, densa, rasteira em crescimento ativo e com suprimento de água contínuo. Em condições de ótima disponibilidade de água a evapotranspiração potencial seria função de parâmetros climáticos, sendo os mais importantes temperatura e umidade relativa. Por outro lado, definiu evapotranspiração atual ou real (ETA ou ETR) como sendo o uso real de água pelas plantas cultivadas incluindo a evaporação direta do solo úmido e da vegetação. A ETA depende do clima, da cultura e suprimento hídrico do solo, de modo que:

$$\text{ETA} = \text{ETP} \cdot K_c \dots \dots \dots \quad (02)$$

onde:

ETA = evapotranspiração atual ou real

ETP = evapotranspiração potencial

K = coeficiente que representa o efeito das relações água-solo-planta.

De acordo com BERNARD (1956), citado por REICHARDT (1985), pode-se definir como evaporação potencial, a evaporação que se dá em uma superfície de água exposta livremente às condições de radiação solar, vento e umidade do ar. Havendo grande disponibilidade de água no solo, sua evaporação é denominada de potencial. A evaporação potencial de um solo é a máxima perda d'água que um solo pode sofrer quando submetida a determinadas condições meteorológicas.

Não havendo suficiente disponibilidade de água, a evaporação deixa de ser potencial, passando a ser chamada de evaporação real.

## 2.2 - Métodos para Determinar a Evapotranspiração

Os métodos de estimativa da evapotranspiração, segundo TANNER (1968), são representados por três principais classes:

### 2.2.1 - Métodos Micrometeorológicos

Os métodos micrometeorológicos são os mais precisos e eficazes na estimativa da evapotranspiração. Todavia, a sua utilização requer instrumental sofisticado, pessoal especializado e uma superfície vegetal homogênea e relativamente grande. VIETS JUNIOR (1976), citado por CASTRO (1979), diz que, em se tratando de pesquisas para países em desenvolvi-

mento, o método micrometeorológico apresenta suas limitações, VILLA NOVA (1973) porém, o recomenda para as nossas condições.

### 2.2.2 - Métodos Empíricos

Quanto aos métodos empíricos utilizados, na determinação da evapotranspiração, encontram-se os evaporímetros e as equações empíricas.

Os evaporímetros são tanques de evaporação bastante utilizados, sendo os mais conhecidos o "Classe A", o "BPI" (Bureau of Plant Industry), o "Young Screen", o "Colorado", o "GGI-3000", BERNARDO (1982).

O guia internacional para instrumentos meteorológicos e práticas de observação, publicado pela Organização Mundial de Meteorologia (O.M.M) recomenda o "GGI-3000". A Comissão de Instrumentos e Métodos de Observação, estabelecida pela O.M.M., levando em conta seu baixo custo e manutenção, recomenda o tanque "Classe A", CASTRO (1979).

Segundo VILLA NOVA et alii (1975), o tanque "Classe A", entre outros, é um evaporímetro largamente difundido nos E.U.A. Embora atualmente a O.M.M. se proponha a definir, em função da experiência adquirida, um novo tipo de tanque padrão, habilita o tanque "Classe A" como método padrão de estimativa da evapotranspiração potencial e real.

O tanque "Classe A" é circular de 1,20 m de diâmetro, 0,25 m de altura, construído de chapa galvanizada com 5 mm de espessura e instalado no solo sobre um estrado de madeira de 0,15 m de altura. O tanque é cheio de água limpa até 5 cm da borda superior. O nível mínimo de medida permitido é de 7,5 cm. A variação de nível é medida com o auxílio de uma ponta de medida tipo gancho, assentada e nivelada em cima de um poço tranquilizador. A leitura de nível é realizada todos os dias às 7:00 horas e a diferença de duas leituras consecutivas dá o valor da evaporação.

As equações empíricas, desenvolvidas para várias

regiões do mundo, são utilizadas também para determinação da evapotranspiração potencial. Segundo BERNARDO (1982), entre as equações mais usadas são: BLANEY - CRIDDLE, HARGREAVES, GRASSI CHRISTIANSEN, PAPADAKIS, HAMAN e outros.

### 2.2.3 - Métodos de Balanço Hídrico

Os métodos de balanço hídrico dividem-se em dois: utilização de lisímetros e volume de controle de solo devi-damente instrumentado.

BERNARDO (1982), diz que o método do lisímetro é o mais preciso para a determinação direta da evapotranspira-ção, desde que sejam instalados corretamente.

LÓPES (1973), citado por SANTOS (1977), sintetiza as vantagens das determinações lisimétricas do seguinte modo:

- a) permite um alto nível de precisão;
- b) pode determinar a evapotranspiração em intervalos curtos;
- c) permite comparar o grau de exatidão de outros métodos e estudar a influência dos fenômenos meteorológicos no pro-cesso. Por outro lado, cita como desvantagens, a dificulda-de de simular as condições naturais dentro do tanque (solo, cobertura, desenvolvimento radicular), alto custo de im-plantação e pessoal de alto nível técnico para instrumentar o equipamento.

BERNARDO (1982), divide os tipos de lisímetros em:

- a) lisímetro de drenagem ou percolação;
- b) lisímetro de pesagem mecânica;
- c) lisímetro flutuante;
- d) lisímetro hidráulico.

A metodologia do balanço hídrico, num volume de controle de solo, não é nada mais do que a somatória das quantidades de água que entram e saem de um elemento de vo-lume de solo, num determinado intervalo de tempo, e o re-sultado é a quantidade líquida de água que nele permanece disponível às plantas. Do ponto de vista agronômico, o ba-

lanço hídrico é fundamental, pois ele define as condições hídricas sob as quais a cultura se desenvolvem, REICHARDT (1985).

O método de balanço hídrico num volume de controle de solo, tem sido apresentado por vários autores (ROSE & STERN, 1967; REICHARDT, 1975; CASTRO, 1979; SAUNDERS *et alii*, 1984; MARCA, 1985; SÁ, 1988). Os componentes deste método (precipitação, irrigação, deflúvio superficial, evapotranspiração, drenagem profunda, variação de armazenamento de água do solo) são apresentados em uma equação geral de balanço de massa.

A precipitação é facilmente medida diretamente através de pluviógrafos ou pluviômetros, e a irrigação através do controle de água de irrigação. O deflúvio superficial é considerado por REICHARDT (1985), de difícil determinação. Ela depende das propriedades do solo e da declividade da superfície.

No presente trabalho este parâmetro foi negligenciado, pois utilizou-se sulcos em nível e fechados no final, não havendo dessa forma escoamento superficial.

A drenagem profunda ou ascenção capilar é o componente mais complicado de ser estimado sendo, dessa forma, desprezado por alguns pesquisadores (WILCOX, 1960; HILLEL, 1972), citados por SILVEIRA & STONE (1979). REICHARDT (1974), afirma que este parâmetro não pode ser desprezado sem justificativa experimental, implicando dessa forma, em um erro na determinação da evapotranspiração.

Na estimativa da drenagem profunda ou ascensão capilar ( $Q_L$ ), obtida a partir da integração de fluxos calculados segundo a equação de Darcy, é necessário o conhecimento da condutividade hidráulica  $K(\theta)$  e o gradiente de potencial total ( $\Delta\psi/\Delta z$ ) nos perfis do solo.

A condutividade hidráulica  $K(\theta)$  é um parâmetro de grande importância para a solução de problemas ligados a dinâmica da água no solo, obedecendo um comportamento exponencial em função da umidade do solo ( $\theta$ ) (REICHARDT, 1974).

Diversos métodos foram desenvolvidos para sua determinação, sendo que o método do perfil instantâneo (HILLEL

et alii (1972), foi considerado como método padrão. Posteriormente foi modificado por CHO et alii (1977), e denominado de método de HILLEL Modificado I, citado por SAUNDERS (1978). Uma nova modificação foi introduzida por SAUNDERS (1978), denominado de método de HILLEL Modificado II.

Os valores dos gradientes de potencial total ( $\Delta\psi/\Delta z$ ) no solo são obtidos através de tensiômetros instalados ao longo perfil.

REICHARDT et alii (1979), estudando a dinâmica da água na cultura de milho, utilizando a metodologia do balanço hídrico num volume de controle de solo, obtiveram para 97 dias divididos em seis períodos uma evapotranspiração média de  $3,4 \text{ mm.dia}^{-1}$ . Os autores concluem que apesar das dificuldades experimentais e técnicas, o estabelecimento de um balanço hídrico completo pode fornecer informações úteis para o manejo de diferentes culturas em diferentes solos.

CASTRO (1979), determinou a evapotranspiração atual (ETA) de uma cultura de milho em Piracicaba-SP pela metodologia do balanço hídrico num volume de controle de solo. Os resultados foram correlacionados com a evapotranspiração calculada pelo método de Penman e evapotranspiração potencial estimada em função da evaporação do tanque "Classe "A. O fluxo de evapotranspiração real média foi de  $4,72 \text{ mm.dia}^{-1}$ .

SILVA & MILLAR (1981, estudaram a evapotranspiração de feijão-de-corda em regime de irrigação por "aspersão em linha" e em condições de adubação nitrogenada no CPATSA/EMBRAPA, Petrolina-PE. A evapotranspiração foi determinada através de um balanço hídrico completo, sob um regime de 466 mm de água aplicada durante todo o ciclo da cultura e em condições de adubação de 80 e 120 kg/ha de nitrogênio, obtendo, uma evapotranspiração média de  $3,68 \text{ mm.dia}^{-1}$ . Citam ainda que os dados de evapotranspiração são semelhantes para feijão (Phaseolus vulgaris, L.) obtidos por: MAGALHÃES & MILLAR,  $3,55 \text{ mm.dia}^{-1}$  em Petrolina-PE; REICHARDT et alii (1974),  $3,44 \text{ mm.dia}^{-1}$ , no Sul de Minas Gerais.

SAUNDERS et alii (1981), determinaram a evapotranspiração atual (ETA) do feijão-de-corda em experimento realizado na Fazenda Experimental do Vale do Curú, em Pentecoste-CE, bem como a evapotranspiração potencial (ETP) ob-

tida em função da evaporação do tanque "Classe A". Encontram valores de ETA e ETP de 4,50 e 4,70 mm.dia<sup>-1</sup>, respectivamente. O valor médio de coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) foi de 0,86. Os valores de ETA foram considerados elevados quando comparados aos de ETP corrigidos do tanque "Classe A", possivelmente em decorrência dos elevados níveis de umidade no solo sob os quais a cultura se desenvolveu.

ARAGÃO JÚNIOR (1982), determinou a evapotranspiração atual e o coeficiente de cultura ( $K_c$ ) para a cenoura (Daucus carota, L.) pelo método do balanço hídrico num volume de controle de solo em área experimental pertencente à EPACE (Empresa de Pesquisa Agropecuária do Ceará) no município de Guaramiranga-CE, encontrando uma ETA média de 4,11 mm.dia<sup>-1</sup>. Os coeficientes de cultivo ( $K_c$ ) médios foram de 0,77; 0,99; 0,86 para o 2º; 3º e 4º estágios de desenvolvimento respectivamente, sendo que o  $K_c$  médio para todos os períodos foi de 0,87. Concluiu que quando se aplica a lei da conservação das massas em estudos de balanço hídrico num elemento de controle de solo, em condições de campo, deve-se levar em consideração todos os componentes integrantes do processo, para que assim, não se cometam erros nos cálculos da evapotranspiração.

PADILHA JÚNIOR (1984), determinou a evapotranspiração atual (ETA) do feijão-de-corda na Fazenda Experimental do Vale do Curú em Pentecoste-CE através de lisímetros de percolação e pelo método do balanço hídrico num volume de controle de solo, bem como selecionou os melhores métodos empíricos de estimativas de evapotranspiração.

Os experimentos conduzidos nos lisímetros mediram durante o ciclo do feijão-de-corda taxas diárias variando de 6,20 e 8,34 mm.dia<sup>-1</sup>. Os coeficientes de culturas ( $K_c$ ) foram de 0,70; 1,03 e 0,55, para os primeiros 31 dias, aos 41 dias subsequentes e 11 dias finais, respectivamente. Concluiu ainda que, havendo disponibilidade de dados climáticos referentes à radiação solar e umidade do ar, são preferenciais para estimar a ETA e por ordem decrescente, os métodos de: JANSEN-HAISE, HARGREAVES Modificado 3, HARGREAVES 2 e de EAGLEMAN.

SAUNDERS *et alii* (1984), determinaram a evapotranspiração atual (ETA) da cultura de milho (Zea may, L.) sob condições naturais de precipitação, em Quixadá-CE, através do método do balanço hídrico, e encontraram um valor médio de 5,78 mm.dia<sup>-1</sup>.

SAUNDERS *et alii* (1984), em experimento realizado na Fazenda Lavoura Seca em Quixadá-CE, determinaram a evapotranspiração atual (ETA) da cultura do feijão - de-corda utilizando a metodologia do balanço hídrico num volume de controle de solo sugerido por ROSE & STERN (1967). A evapotranspiração atual atingiu um valor médio de 3,18 mm.dia<sup>-1</sup>.

MAGALHÃES (1982), em experimento conduzido na área experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Ceará-EPACE, determinou a evapotranspiração atual e o coeficiente de cultura ( $K_c$ ) para o pimentão (Capsicum annum L.) pelo método do balanço hídrico num volume de controle de solo. A ETA média da cultura foi de 4,00 mm.dia<sup>-1</sup> e o  $K_c$  médio de 0,83.

SANTOS (1985), em experimento realizado na Fazenda Experimental Vale do Curú em Pentecoste-CE, determinou o uso consuntivo, os coeficientes de cultura, tanque e irrigação, e os elementos básicos da cultura do melão.

Os valores médios diários em mm.dia<sup>-1</sup>, de evaporação do tanque "Classe A", evapotranspiração potencial e evapotranspiração atual obtidos foram de 8,00; 6,00 e 5,07 respectivamente. O coeficiente de cultura ( $K_c$ ) médios para os períodos estudados foi de 0,82. A irrigação não aparece como componente dentro do balanço hídrico, embora ela tenha sido responsável pela variação do armazenamento nos períodos. Desta forma a metodologia utilizada considerou a variação do conteúdo de água do solo, para o cálculo do armazenamento, após uma irrigação e anterior a subsequente.

Metodologia bastante utilizada quando torna-se difícil a mensuração de algum dos parâmetros envolvidos no balanço hídrico.

SÂ (1988), estudou a dinâmica da água na cultura da abóbora (Cucurbita máxima, Duch), cultivada em um solo aluvião eutrófico na Fazenda Experimental do Vale do Curú em

Pentecoste-CE. O experimento constou de dois níveis de irrigação: nível 01 de irrigação corresponde a um potencial matricial de água do solo de -0,3 atm, e nível 02 de irrigação a um potencial de -0,5 atm. O fluxo de evapotranspiração atual (ETA) médio foi de 4,70 mm.dia<sup>-1</sup> para o nível 01 e 5,4 mm.dia<sup>-1</sup> para o nível 02. Obteve-se um coeficiente de cultura ( $K_c$ ) médio de 0,75 e 0,88 e um coeficiente de irrigação ( $K_i$ ) de 0,57 e 0,66 para os níveis 01 e 02 respectivamente.

OTTONI FILHO (1988), em experimento realizado na região central do Estado de Arizona E.U.A. determinou a evapotranspiração de alfafa usando dados micrometeorológicos de um modelo da resistência aerodinâmica, baseado na temperatura da folhagem, e comparou com os valores de evapotranspiração obtidos pelo balanço hídrico na zona radicular da referida cultura. No Período 1 as taxas de evapotranspiração obtidas pelo balanço hídrico superaram significativamente as taxas do modelo, onde o autor concluiu que os valores obtidos pelo balanço hídrico foram superestimados; já que a drenagem profunda foi desprezada.

VAN BAVEL et alii (1968) e ROUSE (1969), indicam também que na determinação da evapotranspiração, erros de 25 % poderiam advir da aplicação dessa hipótese.

### 3 - MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 - Caracterização do Experimento

##### 3.1.1 - Localização Geográfica

O experimento foi desenvolvido em uma área irrigável da Fazenda Experimental do Vale do Curú, pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, localizada no município de Pentecoste-CE. Encontra-se geograficamente localizada entre os paralelos  $3^{\circ}45'$  e  $4^{\circ}00'$  de latitude Sul e os meridianos  $39^{\circ}15'$  e  $39^{\circ}30'$  a Oeste de Greenwich, altitude de 47 m em relação ao nível do mar.

A fazenda está acerca de 100 km de Fortaleza com acesso por via asfáltica pela BR-222 numa distância de 64 km, em seguida pela CE-135 numa distância de 23 km até a cidade de Pentecoste. O percurso final é feito por estrada de terra.

##### 3.1.2 - Características Climáticas

O clima da região, segundo a classificação de Koeppen é semi-árido (Bsh'i), apresentando precipitação média anual em torno de 750 mm e uma evaporação em torno de 1400 mm, com temperatura média de  $27^{\circ}\text{C}$  e umidade relativa aproximadamente de 74 %. A TABELA 01, fornecida pela Estação Agrometeorológica da Fazenda Experimental, mostra com detalhes os dados meteorológicos da região.

### 3.1.3 - Classificação do Solo

O solo foi classificado como aluvião eutrófico de textura indiscriminada, conforme os dados do Levantamento Exploratório "Reconhecimento de Solos do Estado do Ceará" e como torrifluvents segundo os critérios de Soil Taxonomy, citado por SAUNDERS *et alii* (1980).

A TABELA 02, fornecida pelo Laboratório de Solos da Universidade Federal do Ceará, mostra as principais características físicas e químicas deste solo.

### 3.1.4 - Recursos Hídricos

O suprimento d'água para irrigação da FEVC, é proveniente de barragem de Derivação Serrota, que é alimentada pelo Açude General Sampaio. Um dos canais daquela barragem, o P<sub>1</sub>, domina toda área irrigável da fazenda com uma vazão regularizada de 1.5m<sup>3</sup>/s. A drenagem da área irrigável é realizada pelo Rio Curu, que margeia todo o lado Leste da propriedade.

### 3.1.5 - Manejo da Cultura

A cultura utilizada foi a melancia (Citrullus lanatus, Thunb.), largamente difundida na região produtora e proporcionando frutos de boa aceitação no mercado.

Preparo da área constou de aração, gradagem, sistematização e sulcamento para se processar a irrigação. O espaçamento adotado foi de 2,5 m entre fileiras e 2,0 m entre covas, apresentando uma área total de 2.400m<sup>2</sup>. O plantio foi feito em covas cujas dimensões foram de 0,30 m x 0,30 m x 0,30 m. As covas foram adubadas, de acordo com a análise de solo, com 3 litros de esterco de curral curtido

TABELA 01 - Dados climáticos da Estação Agrometeorológica da Fazenda Experimental do Vale do Curu (Pentecoste-CE) - anos de 1966-1984.

MESES	TEMPERATURA DO AR					VENTO					EVAPORAÇÃO PRECIPITAÇÃO NEBULOSIDADE		
	MÉDIA MÁXIMA COM- PEN- SADA °C		MÉDIA MÍNIMA MÁXIMA °C		MÉDIA MÍNIMA ABSOLU- LUTA °C	UMIDADE RELATIVA %	VELOCIDADE RADIAÇÃO		SOLAR Cal/cm²	INSOLAÇÃO (HORAS)	(mm)	(mm)	(n/10)
	NE	4,6	13.254	205,6	134,7	55,8	4,6	4,0	11.822	166,1	93,5	115,9	5,4
	4,0	2,7	12.266	144,7	60,2	183,4	2,7	2,7	11.883	161,0	58,3	164,8	5,4
Janeiro	27,8	33,8	23,0	36,8	20,2	71,3	NE	4,6	13.254	205,6	134,7	55,8	4,6
Fevereiro	27,1	32,6	22,7	37,0	19,8	77,7	NE	4,0	11.822	166,1	93,5	115,9	5,4
Março	26,2	31,1	22,5	36,6	20,4	84,6	NNE	2,7	12.266	144,7	60,2	183,4	6,3
Abril	26,2	31,1	22,4	36,0	20,2	84,8	N	2,7	11.883	161,0	58,3	164,8	5,4
Maio	26,2	31,2	21,9	36,1	19,4	83,1	N	2,6	12.442	191,0	70,2	123,2	4,8
Junho	26,1	31,3	21,2	35,6	18,3	77,9	ESE	3,0	11.865	207,5	93,9	48,0	3,7
Julho	26,3	32,2	21,1	36,4	16,5	72,2	ESE	3,6	12.832	231,0	127,2	31,3	3,3
Agosto	27,1	33,9	21,6	37,0	17,3	65,6	ESE	4,4	14.271	265,6	163,1	5,3	2,5
Setembro	27,6	34,6	22,2	37,4	19,4	64,9	ESE	5,4	14.611	257,5	166,6	8,3	2,5
Outubro	27,8	34,8	22,5	37,6	19,0	66,2	NE	5,4	14.642	261,2	172,1	5,0	2,8
Novembro	28,0	34,7	22,3	37,5	18,3	65,8	NE	5,3	14.312	258,1	157,4	4,9	3,2
Dezembro	28,0	34,3	22,3	37,2	19,5	67,6	NE	4,9	14.168	243,8	152,6	17,9	3,5
Média	27,0	32,9	22,1	-	-	73,4	NE	4,0	-	-	-	-	-
Total	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.593,1	1.449,8	763,8	-

TABELA 02 - Características físicas e químicas do solo

CAMADA DE SOLO		ANÁLISE GRANULOMÉTRICA (%)									
SÍMBOLOS	LIMITES (cm)	AREIA	AREIA	SILTE	ARGILA	ARGILA	CLASSIFICAÇÃO	POROSIDADE	MACROPOROSIDADE	MICROPOROSIDADE	DENSIDADE
		GROSSA mm	FINA mm	0,05- mm	NATURAL mm	(%)	DETERMINADA TEXTURAL	(%)	(%)	(%)	DO SOLO
C <sub>1</sub>	0- 45	8,0	60,3	20,3	11,4	11,3	FRANCO ARENOSO	49,10	11,7	37,4	1,57
C <sub>2</sub>	45- 75	7,8	55,8	23,3	13,1	13,1	FRANCO ARENOSO	44,00	13,4	30,6	1,50
C <sub>3</sub>	75-120	2,8	54,6	27,5	15,1	14,5	FRANCO ARENOSO	45,50	7,2	38,3	1,64
C <sub>4</sub>	120-170	1,7	37,9	36,8	23,6	23,6	FRANCO	42,00	3,4	38,6	1,61

CAMADA DE SOLO		COMPLEXO SORTIVO ME/100 g DE SOLO											
SÍMBOLOS	LIMITES (cm)	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	H <sup>+</sup> Al <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup>	S	T	100 S/T V(%)	CARBONO (%)	SÓDIO (%)	CE mnhos/cm
C <sub>1</sub>	0- 45	5,30	2,40	0,09	0,21	0,65	0,01	8,00	8,65	92	0,282	2,43	0,40
C <sub>2</sub>	45- 75	4,80	5,20	0,09	0,21	0,00	0,00	10,30	10,30	100	0,198	2,04	0,26
C <sub>3</sub>	75-120	4,10	6,40	0,12	0,46	0,00	0,00	11,08	11,08	100	0,222	4,16	0,36
C <sub>4</sub>	120-170	5,00	7,00	0,15	2,64	0,00	0,00	14,78	14,78	100	0,306	17,87	0,80

mais 10 g de uréia, 30 g de superfosfato simples e 10 g de cloreto de potássio. A semeadura ocorreu em 27/10/88, tendo sido colocadas em média 6 sementes por cova, e a germinação ocorreu 4 a 5 dias após o plantio. Em 03/11/88 realizou-se o replantio das covas que não germinaram.

Em 20/11/88 foi realizado o desbaste, deixando duas plantas por cova, bem como a 1ª adubação de cobertura com 5 g de uréia por cova. A 2ª adubação de cobertura foi realizada no início da frutificação no dia 06/12/88 com 5 g de uréia por cova. O início da colheita deu-se no dia 17/01/89, prolongando-se até o dia 30/01/89.

### 3.2 Fundamentos do Método do Balanço Hídrico

O balanço hídrico num elemento de volume de solo de profundidade  $Z$  de 0 a  $L$ , durante um intervalo de tempo  $\Delta t = t_1 - t_0$ , é fundamentado na lei da conservação das massas, que proporciona a seguinte expressão:

$$\left( \begin{array}{c} t_1 \\ t_0 \end{array} \right) (P + i^+ q_L^+ e^- r) \left( \begin{array}{c} L \\ 0 \end{array} \right) \left( \begin{array}{c} t_1 \\ t_0 \end{array} \right) \frac{2\theta}{2t} dt dz \dots \quad (03)$$

Esta equação nos diz que a soma algébrica dos fluxos durante um intervalo  $\Delta t = t_1 - t_0$ , é igual às variações da quantidade de água, no mesmo intervalo em uma camada de solo, de profundidade 0 a  $L$ , do sistema radicular da cultura, que desdobrada se transforma em:

$$\left( \begin{array}{c} t_1 \\ t_0 \end{array} \right) pdt + \left( \begin{array}{c} t_1 \\ t_0 \end{array} \right) idt + \left( \begin{array}{c} t_1 \\ t_0 \end{array} \right) edt - \left( \begin{array}{c} t_1 \\ t_0 \end{array} \right) q_L dt + \left( \begin{array}{c} t_1 \\ t_0 \end{array} \right) rdt + \left( \begin{array}{c} L \\ 0 \end{array} \right) \left( \begin{array}{c} t_1 \\ t_0 \end{array} \right) \frac{2\theta}{2t} dt dz \dots \quad (04)$$

Sendo que  $p$ ,  $i$  e,  $q_L$  e  $r$  são fluxos ( $LT^{-1}$ ), onde:

$P$  = fluxo de precipitação  
 $i$  = fluxo de irrigação  
 $e$  = fluxo de evapotranspiração  
 $q$  = fluxo de água em  $Z = L$   
 $\theta$  = conteúdo de água do solo em  $\text{cm}^3/\text{cm}^3$   
 $r$  = intensidade de escoamento ou deflúvio superficial.

O primeiro membro da equação pode ser desdobrado em uma soma algébrica de integrais. A primeira delas representa a quantidade de água que chega à superfície do volume de solo ( $Z = 0$ ) sob a forma de precipitação, que será:

$$\left\{ \begin{array}{l} t_1 \\ t_0 \end{array} \right. \quad pdt = P \dots \dots \dots \quad (05)$$

A segunda integral obtida do desdobramento da equação (04) é a quantidade de água que chega a superfície  $Z = 0$ , sob a forma de irrigação (1).

$$\left\{ \begin{array}{l} t_1 \\ t_0 \end{array} \right. \quad idt = I \dots \dots \dots \quad (06)$$

A terceira integral indica a quantidade de água por unidade de área, que sai da superfície do volume de solo,  $Z = 0$ , na forma de evapotranspiração (ET).

$$\left\{ \begin{array}{l} t_1 \\ t_0 \end{array} \right. \quad edt = \pm ET \dots \dots \dots \quad (07)$$

A quarta integral representa a quantidade de água ( $Q_L$ ) que passa através do limite inferior do volume de solo  $\bar{Z} = \bar{L}_i$ , denominado drenagem profunda se negativo ou ascenção capilar se positivo.

$$\pm \int_{t_0}^{t_1} q_L dt = \pm QL \dots \dots \dots \quad (08)$$

A quinta integral representa a quantidade de água que chega a superfície do solo  $Z = 0$  por precipitação ou irrigação, escorre superficialmente, denominada de escoamento ou deflúvio superficial ( $R$ ). No presente trabalho este parâmetro não foi levado em consideração, pelo fato de que o experimento realizou-se em área plana e os sulcos de irrigação terem sido rechados no final.

$$\pm \int_{t_0}^{t_1} r dt = \pm R \dots \dots \dots \quad (09)$$

O segundo membro da equação (04) trata-se de uma integral dupla, e diz que o somatório das variações do conteúdo de água do solo ( $\theta$ ) em um intervalo de tempo  $\Delta t = t_1 - t_0$ , integrados ao longo da profundidade 0 a L é igual a variação de armazenamento ( $\Delta A$ ) no intervalo de tempo considerado, podendo ser escrito da seguinte forma:

$$\pm \int_0^L \int_{t_0}^{t_1} \frac{\theta}{t} dt dz = \pm \Delta A \dots \dots \dots \quad (10)$$

A variação do armazenamento pode ser positiva ou negativa, dependendo da magnitude dos outros componentes do balanço hídrico  $P$ ,  $I$ ,  $E$ ,  $Q_L$  e  $R$ . Assim, pode-se reescrever a equação (04) de maneira mais simplificada como:

$$P + I \pm ET Q_L \pm R = \pm \theta A \dots \dots \dots \quad (11)$$

### 3.3 - Procedimento para Determinação dos Componentes do Balanço Hídrico

No presente trabalho foi considerado um volume de solo de profundidade de  $L = 70$  cm, no qual foram determinados os diversos parâmetros do balanço hídrico.

#### 3.3.1 - Precipitação Pluvial ( $P_i$ mm)

As precipitações pluviométricas que ocorreram durante o ensaio foram registradas em pluviômetros instalados na Estação Agrometeorológica Professor José Matias, a qual se encontra próxima à área onde foi realizado o experimento.

#### 3.3.2 - Irrigação ( $I$ , mm)

O método de irrigação utilizado foi de sulcos em nível, fechados no final, apresentando comprimento de 12 m. Ao lado do canal secundário instalou-se um conjunto moto-bomba a fim de conduzir água até os sulcos de infiltração. A quantidade de água distribuída nos sulcos foi controlada por um hidrômetro instalado na tubulação de recalque que permitiu o controle individual da irrigação em cada tratamento. As lâminas d'água eram indicadas pelos tensiômetros instalados às profundidades de 10 e 30 cm baseados nas curvas características de água do solo das referidas profundidades, para que a capacidade de campo fosse atingida até 50 cm. A irrigação ocorria sempre que o potencial matricial ( $\psi_m$ ) a 10 cm de profundidade atingia um valor médio de -0,3 atm.

### 3.3.3 - Drenagem Profunda ( $Q_L$ , mm)

A determinação da drenagem profunda é bastante complexa, sendo o componente mais difícil de ser estimado num balanço hídrico, podendo ser obtido pela equação de DARCY:

$$Q_L = -K_L(\theta) \cdot \frac{(\partial \psi)}{(\Delta Z)}_L \dots \dots \dots \quad (12)$$

onde:

$K_L(\theta)$  = condutividade hidráulica do solo ( $L_T^{-1}$ ) na profundidade  $L_1$ , sendo função da umidade do solo  $\theta$  ( $L^3 \cdot L^{-3}$ )

$\frac{\partial \psi}{\partial Z}$  = gradiente de potencial total da água do solo na profundidade  $Z = L$ .

A drenagem profunda foi determinado os limites de  $Z = 30, 50$  e  $70$  cm do volume de solo considerado para o balanço hídrico. Os valores da condutividade hidráulica do local do experimento para as três profundidades, foram determinadas por SÁ (1988), e cujas expressões são:

$$K_{30} = \exp. 13,4 (2,62 \theta - 1) \dots \dots \quad (13)$$

$$K_{50} = \exp. 72,25 (2,37 \theta - 1) \dots \dots \quad (14)$$

$$K_{70} = \exp. 62,05 (2,34 \theta - 1) \dots \dots \quad (15)$$

A determinação do gradiente de potencial total para as três profundidades estudadas, foram calculadas pelas expressões:

$$\left. \frac{\partial \psi}{\partial Z} \right|_{30} \approx \left. \frac{\Delta \psi}{\Delta Z} \right|_{30} = \frac{-12,6(h_{10} - h_{50})}{40} \dots \dots \quad (16)$$

$$\left. \frac{\partial \psi}{\partial Z} \right|_{50} \quad \left. \frac{\Delta \psi}{\Delta Z} \right|_{50} = \frac{-12,6(h_{30} - h_{70})}{40} \dots \dots \quad (17)$$

$$\left. \frac{\partial \psi}{\partial Z} \right|_{70} \cong \left. \frac{\Delta \psi}{\Delta Z} \right|_{70} = \frac{-12,6 (h_{50} - h_{90})}{40} \dots (18)$$

$\Delta \psi$  = diferença de potencial entre:  $Z = 10$  e  $Z = 50$  cm;  $Z = 30$  e  $Z = 70$  cm;  $Z = 50$  e  $Z = 90$  cm.

$\Delta Z$  = distância entre os tensiômetros

$h$  = leitura dos tensiômetros instalados nas profundidades consideradas

Substituindo as equações (13), (14), (15), (16), (17) e (18) na equação (12) obteve-se as equações para o cálculo do fluxo nas profundidades  $Z = 30, 50$  e  $70$  cm:

$$Q_{30} = \exp.13,4(2,62\theta - 1) \cdot \frac{-12,6 (h_{10} - h_{50})}{40} \dots (19)$$

$$Q_{50} = \exp.72,25(2,37\theta - 1) \cdot \frac{-12,6 (h_{30} - h_{70})}{40} \dots (20)$$

$$Q_{70} = \exp.62,05(2,34\theta - 1) \cdot \frac{-12,6 (h_{50} - h_{90})}{40}$$

### 3.3.4 - Deflúvio Superficial ( $R$ , mm)

No presente trabalho o deflúvio ou escoamento superficial foi negligenciado porque utilizou-se o método de irrigação por sulcos em nível e fechados no final.

### 3.3.5 - Variação de Armazenamento da Água do Solo ( $\Delta A$ , mm)

A variação do armazenamento de água no solo foi determinada a partir de perfis consecutivos de umidade do solo, obtidos indiretamente através de leituras de tensiômetros e curvas características do solo (FIGURAS 2, 3, 4, 5 e 6).

Na área onde realizou-se o experimento foram instaladas duas baterias de tensiômetros (FIGURA 01) com manô-

metros de mercúrio nas profundidades de 10, 30, 50, 70 e 90 cm com a finalidade de determinar o potencial matricial ( $\psi_m$ ) através da expressão:

$$\psi_m = -12,6 \text{ hz} + hc + z \dots \dots \dots \quad (22)$$

onde:

$hz$  = leitura da coluna de mercúrio ou do manômetro conectado (cm Hg)

$hc$  = altura do nível da cuba de mercúrio em relação à superfície do solo (cm)

$z$  = profundidade de instalação do tensiômetro (cm)

Com os valores de potencial matricial ( $\psi_m$ ) obtidos das leituras dos tensiômetros e através da equação (22), foi possível determinar o conteúdo de água ( $\theta$ ,  $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ ) para cada profundidade.

De posse dos valores de conteúdo de água ( $\theta$ ), determinou-se o armazenamento de água do solo através da fórmula:

$$A = \int_0^L \theta dz = \bar{\theta} \cdot L \dots \dots \dots \quad (23)$$

onde:

$\bar{\theta}$  = umidade média do perfil ( $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ )

$L$  = profundidade do perfil (mm)

Dessa forma, a variação de armazenamento num intervalo  $\Delta t = t_1 - T_0$  foi obtida pela seguinte expressão:

$$\Delta A = (\bar{\theta}_1 - \bar{\theta}_0) \cdot L \dots \dots \dots \quad (24)$$

onde:

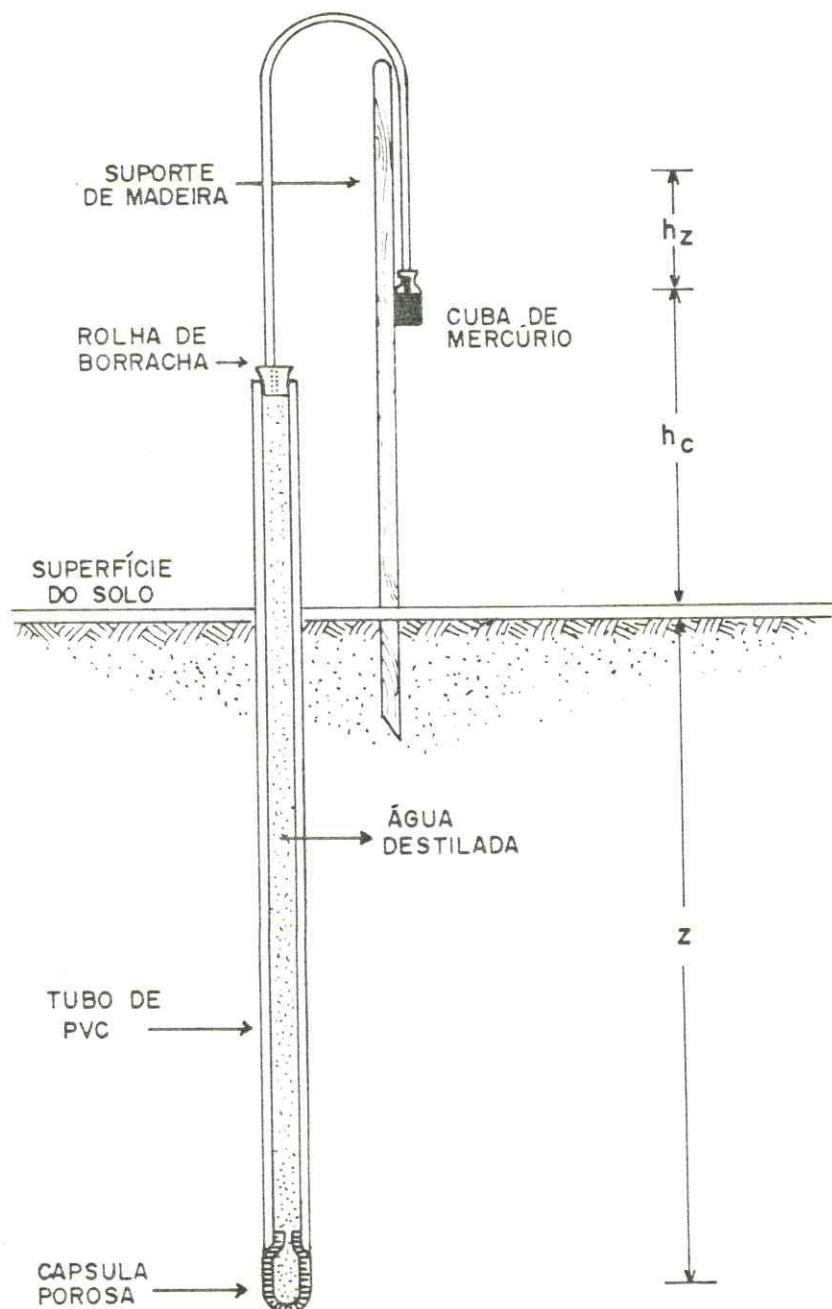


FIGURA 01 - Corte longitudinal de um tensiômetro instalado no solo.

$\Delta A$  = variação de armazenamento (mm)

$\bar{\theta}$  = conteúdo médio de água do perfil no instante  
 $T_1$  ( $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ )

$\bar{\theta}_0$  = conteúdo médio de água do perfil no instante  
 $T_0$  ( $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ )

### 3.3.6 - Evapotranspiração Atual (ETA, mm)

Determinou-se a evapotranspiração atual (ETA) através da equação (11) do balanço hídrico, tendo os demais parâmetros sido determinados de acordo com a metodologia descrita anteriormente.

### 3.4 - Evapotranspiração Potencial (ETP, mm)

A evapotranspiração potencial foi obtida a partir de dados diários da evaporação do tanque "Classe A" instalado próximo à área experimental na Estação Agrometeorológica Professor José Matias, de acordo com a expressão (2).

### 3.5 - Coeficiente de Cultivo ( $k_c$ )

O coeficiente de cultivo para a cultura da melancia, foi obtido pela equação:

$$K_c = \frac{\text{ETA}}{\text{ECA}_x K_p} = \frac{\text{ETA}}{\text{ETP}}$$

onde:

ETA = evapotranspiração atual

ECA = evaporação do tanque "Classe A"

ETP = evapotranspiração potencial

$K_p$  = coeficiente do tanque

### 3.6 - Coeficiente de Irrigação ( $K_i$ )

O coeficiente de cultivo foi obtido pela equação:

$$K_i = \frac{ETA}{ECA}$$

#### 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente trabalho foi determinada a evapotranspiração atual (ETA) ou uso consuntivo da cultura da melancia (*Citrullus lanatus* Thunb.), num período de 82 dias, contados a partir do décimo sexto dia do plantio, quando as plantas apresentavam desenvolvimento vegetativo satisfatório, até o final do ciclo, quando as plantas se encontravam no ponto de colheita.

Foram considerados 12 (doze) subperíodos para o balanço hídrico, definidos nas irrigações ocorridas, com uma variação de 4 a 9 dias dentro dos intervalos. Considerou-se, também, todos os componentes para o balanço, (precipitação (P), irrigação (I), variação de armazenagem ( $\Delta A$ ), drenagem profunda ( $Q_L$ )) com exceção do componente escoamento superficial (R), que foi negligenciado pelo fato de que o experimento realizou-se em sulcos nivelados e fechados no final impedindo, dessa forma, que ocorresse escoamento superficial.

Nas tabelas 03, 04 e 05 encontram-se os valores dos componentes do balanço hídrico para as profundidades de 0-30, 0-50 e 0-70 cm, respectivamente, para a BATERIA I. Os valores do balanço hídrico para a BATERIA II encontram-se nas tabelas 06, 07 e 08 para as profundidades de 0-30, 0-50 e 0-70 cm, respectivamente.

Observa-se nas tabelas 03 e 06 que correspondem às profundidades de 0-30 cm para as duas baterias, uma maior intensidade de evapotranspiração, explicável pela maior densidade de raízes. Com relação ao componente drenagem profunda ou ascenção capilar ( $Q_L$ ), prevaleceu o fluxo descendente (drenagem profunda), diminuindo de acordo com a profundidade, que é explicada pela lâmina de irrigação ter sido aplicada para suprir uma camada de 0-50 cm. Ressalte-se a importância da drenagem profunda no cálculo do balanço

TABELA 03 - Componentes do balanço hídrico da cultura de melancia na profundidade de 0-30 cm (BATERIA I)

PERÍODO (DIAS)	INTERVALO (DIAS)	I (mm)	$\Delta A$ (mm)	$Q_L$ (mm)	ETA (mm)	ETA (mm/dia)	$\rho p t$ (mm)	$Q_L\%$
11.11 a 14.11.88	4	0	- 8,50	+ 4,70	14,00	3,50	0,80	-
15.11 a 21.11.88	7	28,0	-11,10	- 4,93	34,17	4,88	0	12,60
22.11 a 30.11.88	9	41,0	-23,40	-15,14	49,26	5,47	0	23,50
01.12 a 07.12.88	7	45,0	- 5,40	+ 1,96	52,36	7,48	0	-
08.12 a 13.12.88	6	37,0	-10,50	- 0,85	46,65	7,77	0	1,79
14.12 a 18.12.88	5	30,00	-15,30	-11,30	38,10	7,62	4,10	22,87
19.12 a 27.12.88	9	0	-46,20	- 7,69	63,51	7,06	25,00	10,80
28.12.88 a 03.01.89	7	28,5	-21,90	- 4,61	46,29	6,61	0,50	9,05
04.01 a 10.01.89	7	31,3	-16,80	- 4,43	43,67	6,23	0	9,20
11.01 a 16.01.89	6	25,7	- 4,20	- 7,16	35,94	5,99	13,20	16,61
17.01 a 22.01.89	6	0	-19,80	+ 3,88	30,08	5,01	6,40	-
23.01 a 31.01.89	9	26,3	-12,30	- 9,27	40,23	4,47	10,90	18,72
11.11.88 a 31.01.89	82	292,80	-195,40	-54,84	494,26	6,03	60,90	

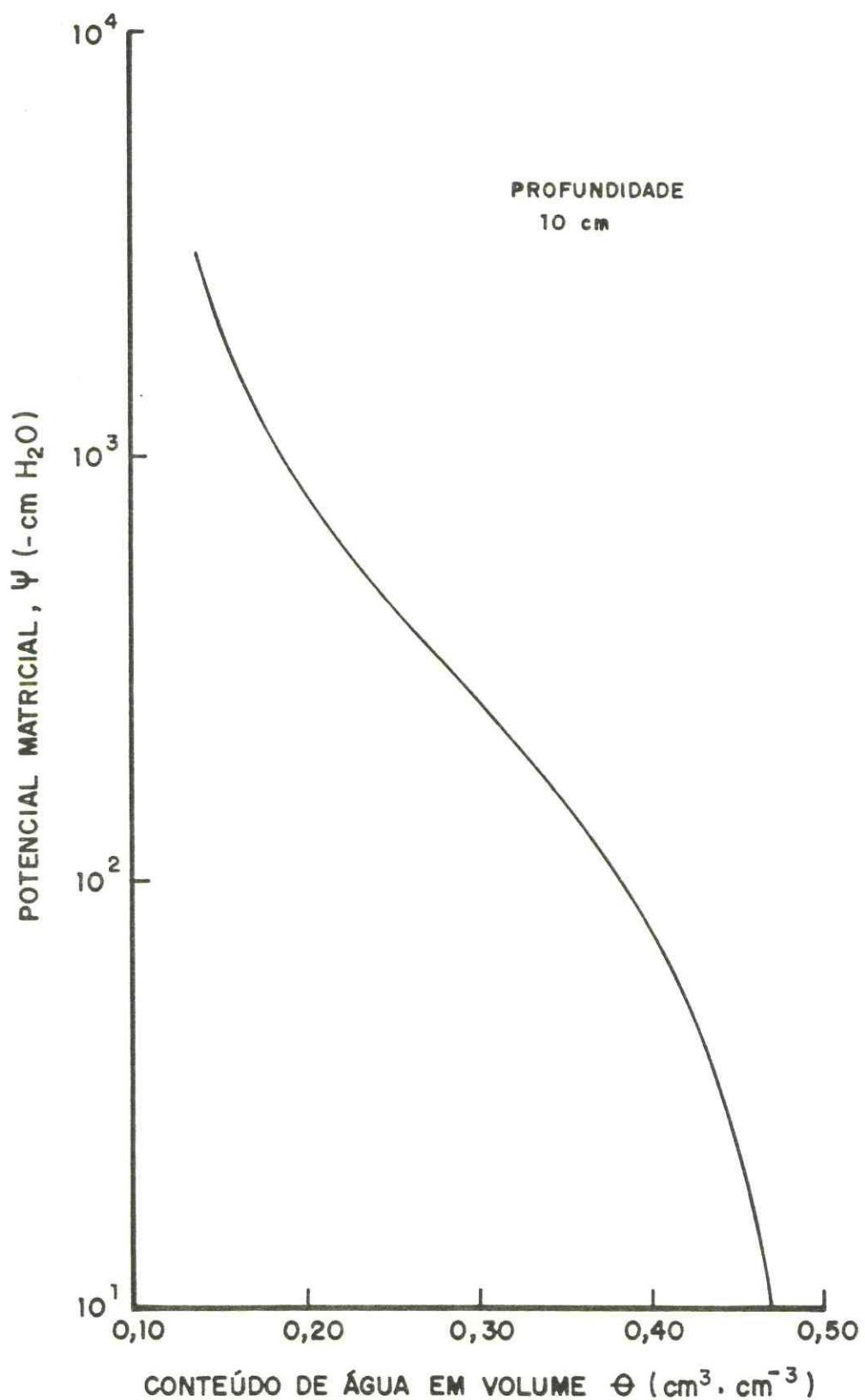


FIGURA 02 - Curva característica de um solo aluvial da Fazenda Experimental do Vale do Curú.

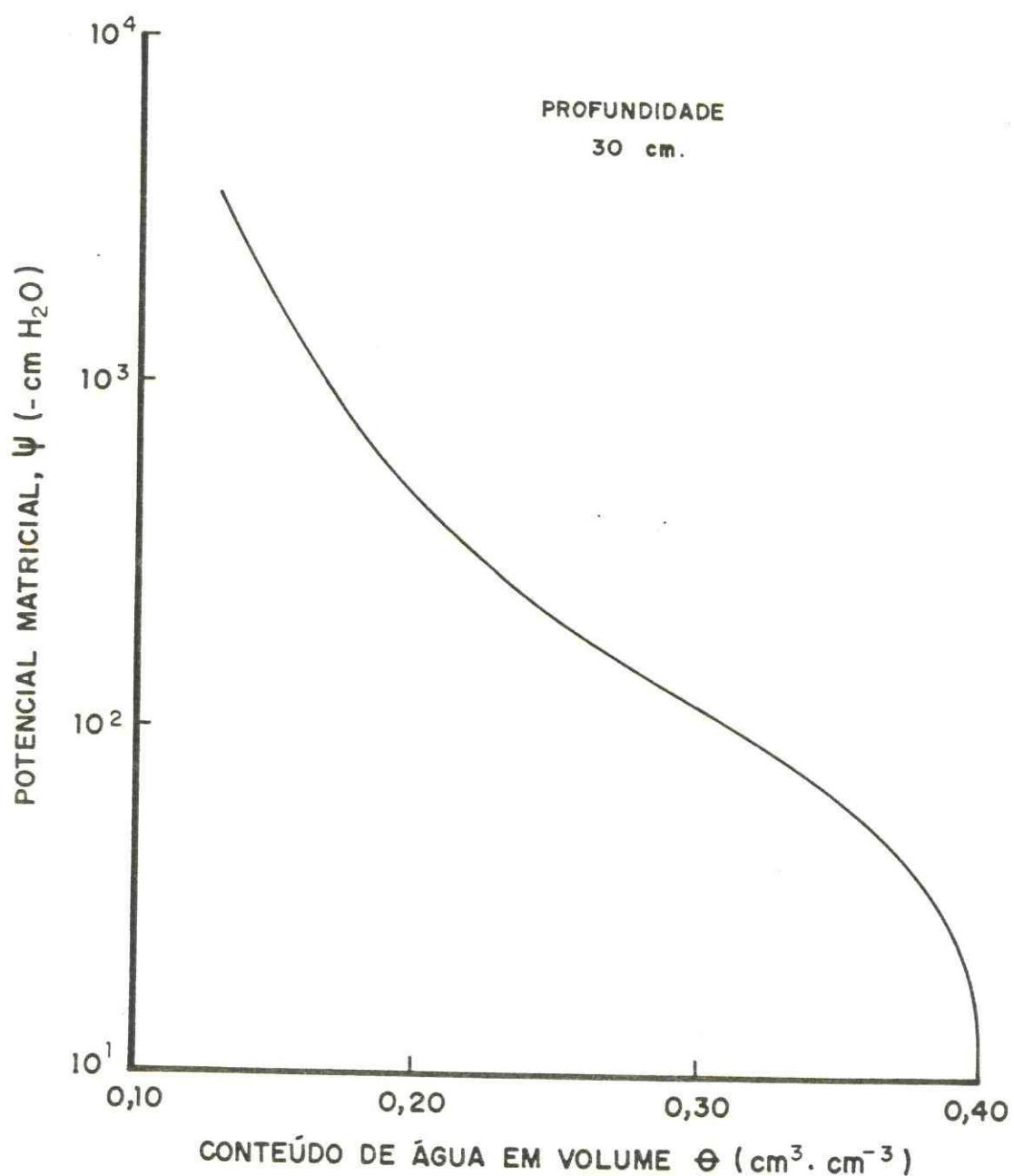


FIGURA 03 - Curva característica de um solo aluvial da Fazenda Experimental do Vale do Curú.

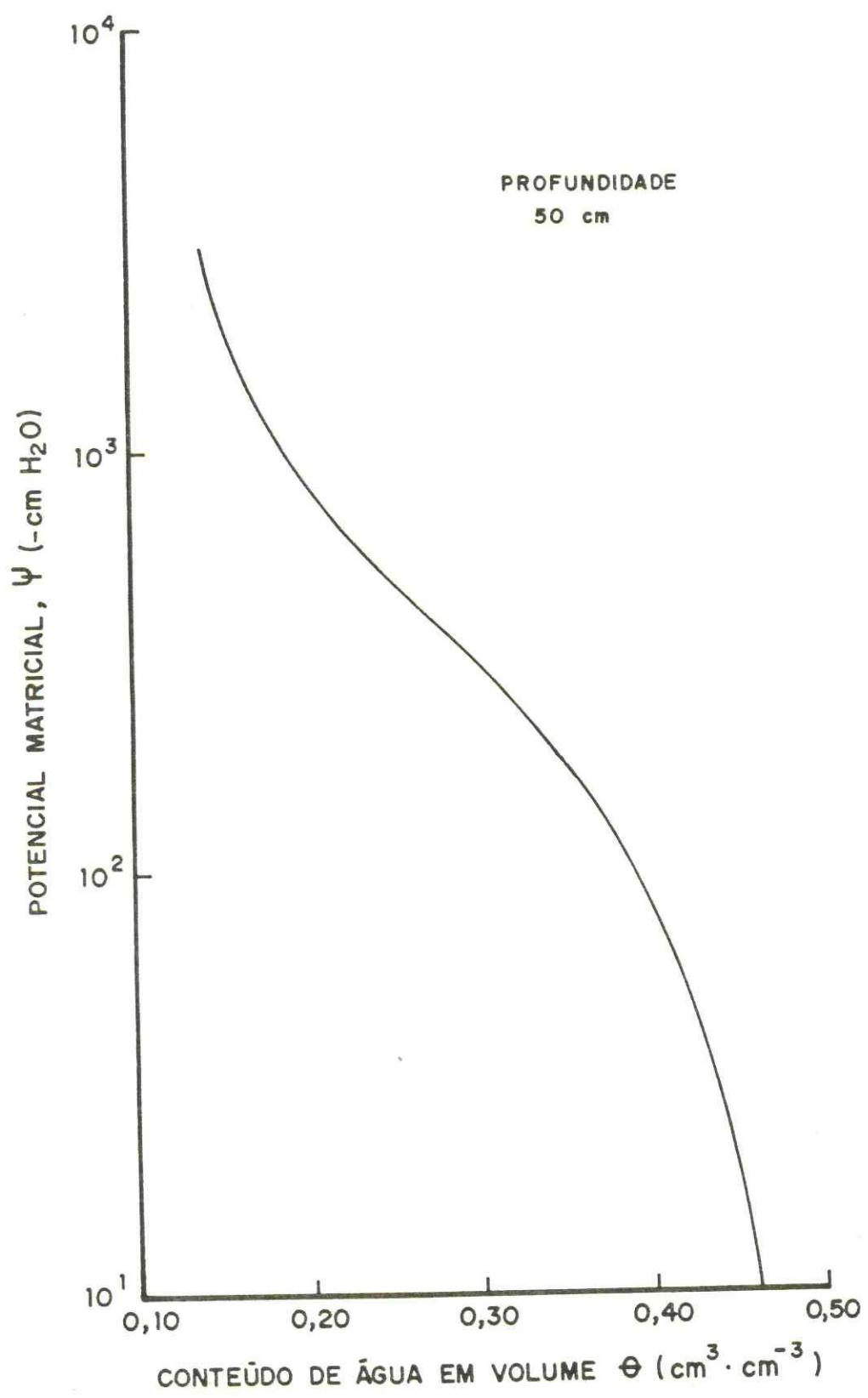


FIGURA 04 - Curva característica de um solo aluvial da Fazenda Experimental do Vale do Curú.

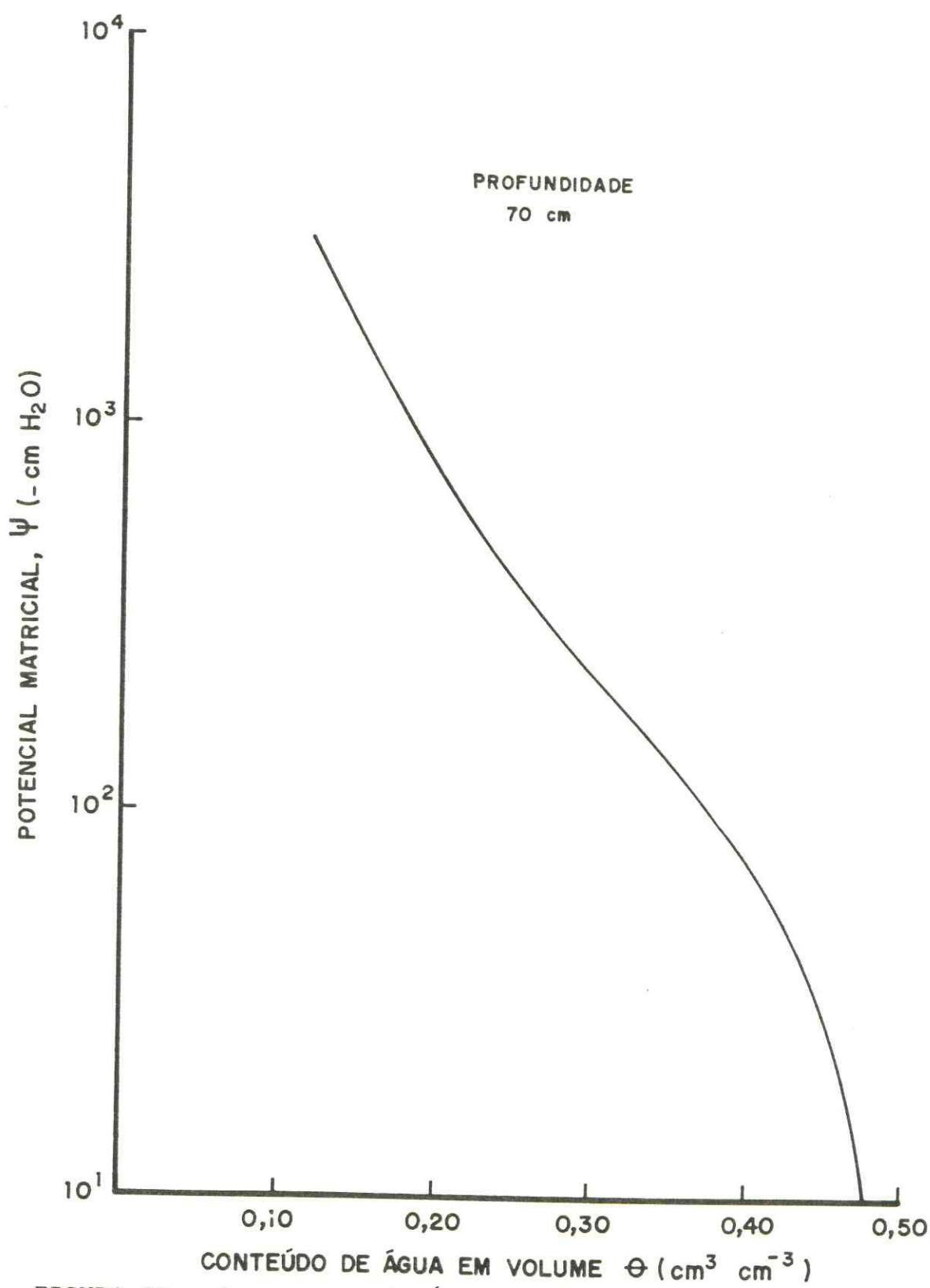


FIGURA 05 - Curva característica do solo

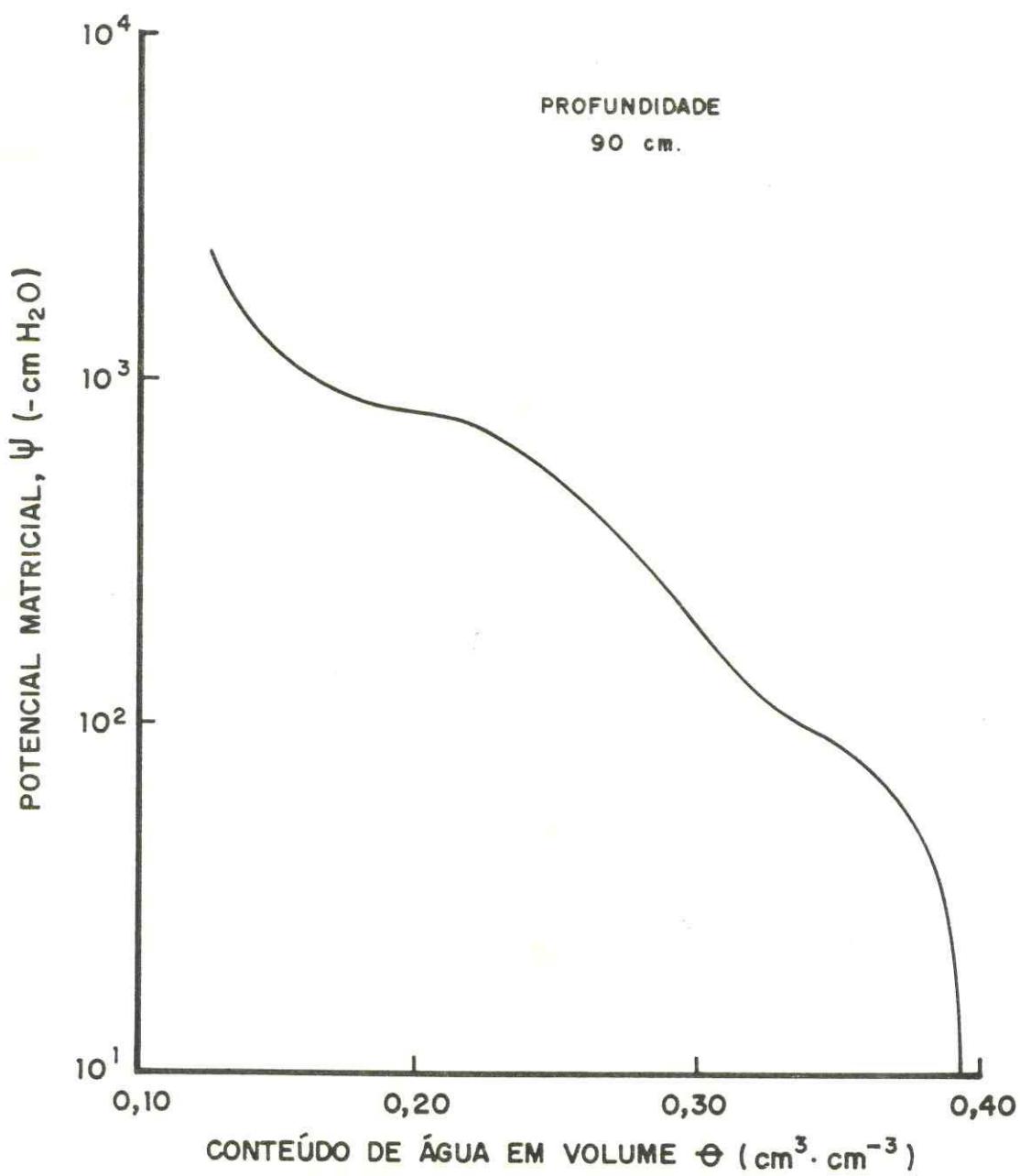


FIGURA 06 - Curva característica do solo

TABELA 04 - Componentes do balanço hídrico de cultura da melancia na profundidade de 0-50 cm (BATERIA I).

PERÍODO (DIAS)	INTERVALO (DIAS)	I (mm)	$\Delta A$ (mm)	$Q_L$ (mm)	ETA (mm)	ETA (mm/dia)	$\rho \rho t$ (mm)	$Q_L\%$
11.11 a 14.11.88	4	0	- 16,00	- 0,49	16,31	4,07	0,80	2,91
15.11 a 21.11.88	7	28,00	- 15,00	- 7,26	35,74	5,10	0	16,88
22.11 a 30.11.88	9	41,00	- 25,00	- 4,99	61,01	6,77	0	7,56
01.12 a 07.12.88	7	45,00	- 18,00	- 7,02	55,98	7,99	0	11,14
08.12 a 13.12.88	6	37,00	- 16,50	- 5,20	48,30	8,05	0	9,71
14.12 a 18.12.88	5	30,00	- 14,00	- 5,67	42,43	8,49	4,10	11,78
19.12 a 27.12.88	9	0	- 41,50	- 1,72	64,78	7,19	25,00	2,58
28.12.88 a 03.01.89	7	28,50	- 21,00	- 3,45	46,55	6,65	0,50	6,90
04.01 a 10.01.89	7	31,30	- 21,50	- 6,05	46,75	6,67	0	11,46
11.01 a 16.01.89	6	25,70	- 8,50	- 6,56	40,84	6,80	13,20	13,90
17.01 a 22.01.89	6	0	- 26,00	- 0,64	31,76	5,29	6,40	1,97
23.01 a 31.01.89	9	26,30	- 12,50	- 7,28	42,42	4,71	10,90	14,64
11.11.88 a 31.01.89	82	292,80	-235,50	-56,33	532,87	6,50	60,90	

TABELA 05 - Componentes do balanço hídrico de cultura da melancia na profundidade de 0-70 cm (BATERIA I)

PERÍODO (DIAS)	INTERVALO (DIAS)	I (mm)	$\Delta A$ (mm)	$Q_{L}$ (mm)	ETA (mm)	ETA (mm/dia)	$\rho \rho t$ (mm)	$Q_L$ %
11.11 a 14.11.88	4	0	- 18,20	- 0,18	18,82	4,70	0,80	0,94
15.11 a 21.11.88	7	28,00	- 11,90	- 0,49	39,41	5,63	0	1,22
22.11 a 30.11.88	9	41,00	- 19,40	- 0,87	59,53	6,61	0	1,44
01.12 a 07.12.88	7	45,00	- 14,00	- 1,38	57,62	8,23	0	2,33
08.12 a 13.12.88	6	37,00	- 15,50	- 1,90	50,60	8,43	0	3,61
14.12 a 18.12.88	5	30,00	- 9,80	- 2,21	41,69	8,33	4,10	5,03
19.12 a 27.12.88	9	0	- 41,50	- 2,00	64,50	7,16	25,00	3,00
28.12.88 a 03.01.89	7	28,50	- 21,70	- 3,20	47,50	6,78	0,50	6,31
04.01 a 10.01.89	7	31,30	- 17,20	- 2,74	45,76	6,53	0	5,64
11.01 a 16.01.89	6	25,70	- 1,20	- 0,22	39,88	6,64	13,20	0,54
17.01 a 22.01.89	6	0	- 27,30	- 0,35	33,35	5,56	6,40	1,03
23.01 a 31.01.89	9	26,30	- 8,40	- 0,36	45,24	5,02	10,90	0,78
11.11.88 a 31.01.89	82	292,80	- 206,10	- 15,90	543,90	6,63	60,90	

TABELA 06 - Componentes do balanço hídrico de cultura da melancia na profundidade de 0-30 cm (BATERIA II).

PERÍODO (DIAS)	INTERVALO (DIAS)	I (mm)	$\Delta A$ (mm)	$Q_L$ (mm)	ETA (mm)	ETA (mm/dia)	$\rho \rho t$ (mm)	$Q_L\%$
11.11	a 14.11.88	4	0	- 8,70	+ 5,00	14,50	3,62	0,8
15.11	a 21.11.88	7	28,00	- 14,70	- 8,80	33,90	4,84	0
22.11	a 30.11.88	9	41,00	- 25,50	-13,80	52,70	5,85	0
01.12	a 07.12.88	7	45,00	- 6,00	- 0,98	50,02	7,14	0
08.12	a 13.12.88	6	37,00	- 15,30	- 7,99	44,31	7,38	0
14.12	a 18.12.88	5	30,00	- 14,70	-10,59	38,21	7,64	4,10
19.12	a 27.12.88	9	0	- 45,60	- 8,84	61,76	6,86	25,00
28.12.88	a 03.01.89	7	28,50	- 24,90	- 7,15	46,75	6,67	0,50
04.01	a 10.01.89	7	31,30	- 17,40	- 4,62	44,08	6,29	0
11.01	a 16.01.89	6	25,70	- 5,70	- 8,13	36,47	6,07	13,20
17.01	a 22.01.89	6	0	- 23,10	+ 0,94	30,44	5,07	6,40
23.01	a 31.01.89	9	26,30	- 7,50	- 1,80	42,90	4,76	10,90
11.11.88	a 31.01.89	82	292,80	-209,10	-66,76	496,04	6,05	60,90

TABELA 07 - Componentes do balanço hídrico de cultura da melancia na profundidade de 0-50 cm (BATERIA II).

PERÍODOS (DIAS)		INTERVALO (DIAS)	I (mm)	$\Delta A$ (mm)	$Q_L$ (mm)	ETA (mm)	ETA (mm/dia)	PPT (mm)	$Q_L\%$	
11.11	a	14.11.88	4	0	- 16,50	- 1,24	16,06	4,01	0,80	7,16
15.11	a	21.11.88	7	28,00	- 18,00	- 6,18	39,82	5,68	0	13,43
22.11	a	30.11.88	9	41,00	- 29,00	- 6,26	63,74	7,08	0	8,94
01.12	a	07.12.88	7	45,00	- 16,00	- 6,06	54,94	7,84	0	9,93
08.12	a	13.12.88	6	37,00	- 15,50	- 2,02	50,48	8,41	0	3,84
14.12	a	18.12.88	5	30,00	- 9,50	- 1,72	41,88	8,37	4,10	3,94
19.12	a	27.12.88	9	0	- 43,00	- 4,37	63,63	7,07	25,00	6,42
28.12.88	a	03.01.89	7	28,50	- 26,00	- 6,14	48,86	6,98	0,50	11,16
04.01	a	10.01.89	7	31,30	- 22,50	- 7,73	46,07	6,58	0	14,36
11.01	a	16.01.89	6	25,70	- 7,50	- 6,95	39,45	6,57	13,20	14,97
17.01	a	22.01.89	6	0	- 28,00	- 4,20	30,20	5,03	6,40	13,20
23.01	a	31.01.89	9	26,30	- 15,50	- 9,11	43,59	4,84	10,90	17,28
11.11.88 a 31.01.89		82	292,80	247,00	-61,98	538,72	6,57	60,90		

TABELA 08 - Componentes do balanço hídrico de cultura da melancia na profundidade de 0-70 cm (BATERIA II).

PERÍODOS (DIAS)	INTERVALO (DIAS)	I (mm)	$\Delta A$ (mm)	$Q_L$ (mm)	ETA (mm)	ETA (mm/dia)	$\rho \rho t$ (mm)	$Q_L\%$
11.11 a 14.11.88	4	0	- 17,50	- 0,46	17,84	4,46	0,80	2,51
15.11 a 21.11.88	7	28,00	- 12,60	- 0,79	38,81	5,54	0	1,94
22.11 a 30.11.88	9	41,00	- 18,20	- 0,61	58,59	6,51	0	1,03
01.12 a 07.12.88	7	45,00	- 12,70	- 0,32	57,38	8,20	0	0,54
08.12 a 13.12.88	6	37,00	- 12,00	- 0,15	48,85	8,14	0	0,29
14.12 a 18.12.88	5	30,00	- 7,10	- 0,08	41,12	8,22	4,10	0,18
19.12 a 27.12.88	9	0	- 37,00	- 0,07	61,93	6,88	25,00	0,11
28.12.88 a 03.01.89	7	28,50	- 15,40	0	44,40	6,34	0,50	0
04.01 a 10.01.89	7	31,30	- 13,50	0	44,80	6,40	0	0
11.01 a 16.01.89	6	25,70	- 0,80	0	39,70	6,16	13,20	0
17.01 a 22.01.89	6	0	- 23,50	0	29,90	4,98	6,40	0
23.01 a 31.01.89	9	26,70	- 3,10	0	40,70	4,52	10,90	0
11.11.88 a 31.01.89	82	292,80	-173,40	- 2,48	524,62	6,39	60,90	

hídrico, pois no caso desse parâmetro ser negligenciado os valores de evapotranspiração serão superestimados. Esse parâmetro alcança valores percentuais de até 23,50 % para profundidade de 0-30 cm, como se verifica na TABELA 03. Os percentuais de drenagem profunda foram calculados considerando-se como 100 % a soma dos valores de evapotranspiração atual (ETA) e drenagem ( $Q_L$ ).

Com relação ao armazenamento, o sinal negativo indica que o consumo de água pelas plantas foi além da quantidade de água aplicada nas irrigações, e isto explica o fato da evapotranspiração ter sido maior que as lâminas de irrigação aplicadas no período do balanço.

Nas tabelas 04 e 07 encontram-se os valores dos componentes do balanço hídrico para a profundidade de 0,50cm, para as duas baterias de tensíometros.

Nas tabelas 05 e 08 encontram-se os valores do balanço hídrico das baterias I e II respectivamente para a profundidade de 0-70 cm, onde se expõe o balanço final da cultura da melancia, verificando-se que a drenagem profunda ( $Q_L$ ) atingiu valores de 3,2 mm a zero em alguns períodos. Os totais de água consumidos por evapotranspiração superam os aplicados por irrigação mais precipitação. Isto se deve ao fato de que o início das irrigações ocorreu abaixo do nível crítico de umidade definido para o experimento, havendo portanto um consumo de água remanescente do solo.

As taxas de evapotranspiração atual (ETA) para a cultura da melancia atingiram valores médios de  $6,63 \text{ mm.dia}^{-1}$  para a BATERIA I e  $6,39 \text{ mm.dia}^{-1}$  para a BATERIA II, apresentando um comportamento normal, isto é, um menor consumo de água no início da cultura, seguido de uma maior intensidade quando as plantas atingiram a floração e frutificação, e reduzindo o consumo no final do ciclo.

As figuras de 07 a 12 mostram as variações dos componentes do balanço hídrico para cada período e profundidade, sendo que as figuras 07, 08 e 09 correspondem às profundidades de 0-30, 0-50 e 0-70 cm respectivamente da BATERIA I e as figuras 10, 11 e 12 são, respectivamente, das profundidades 0-30, 0-50 e 0-70 cm da BATERIA II.

FIGURA 07 - Valores dos componentes do balanço hídrico em cada período para a cultura de melancia na profundidade de 0-30 cm

BATERIA I

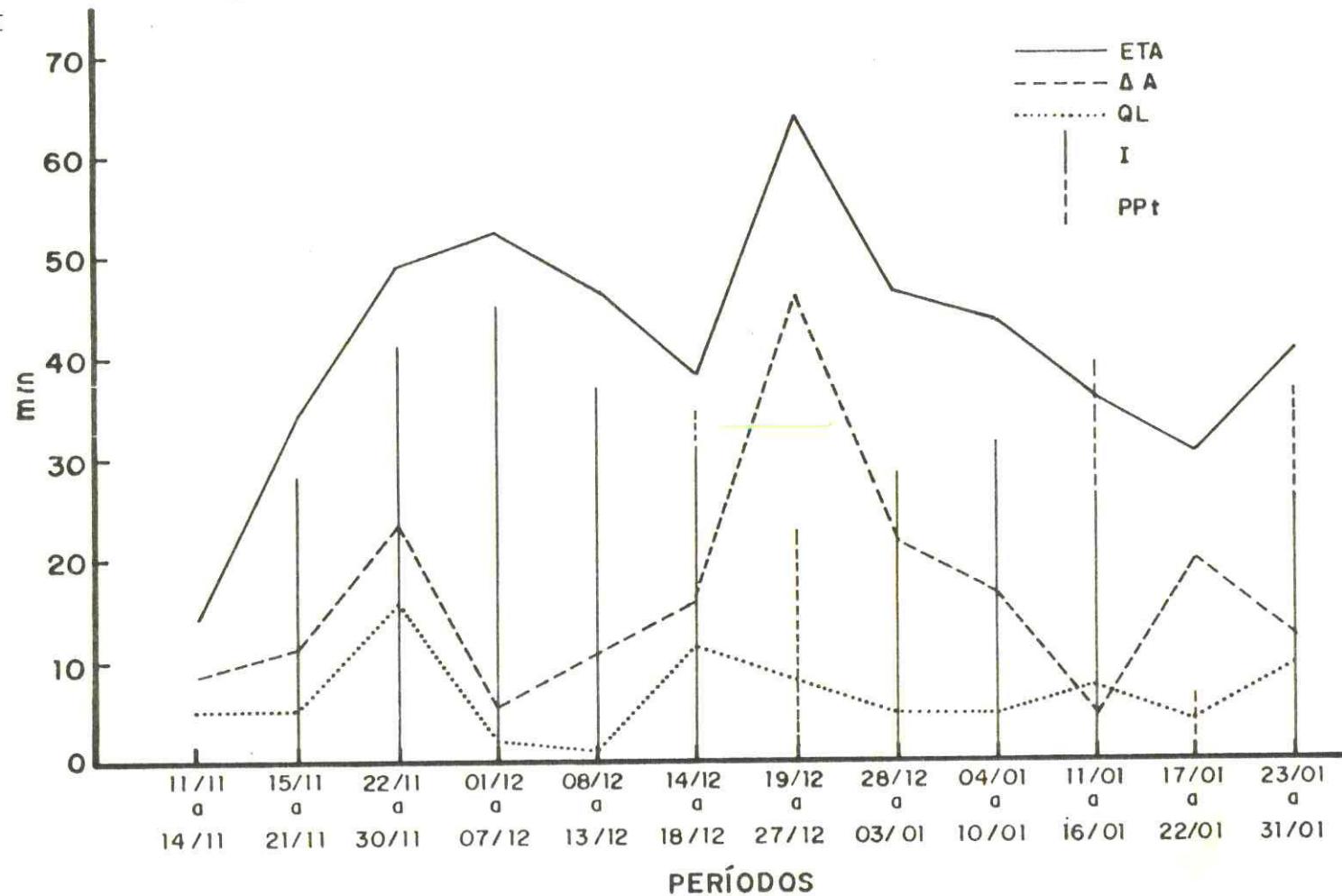


FIGURA 08 - Valores dos componentes do balanço hídrico em cada período para a cultura de melancia na profundidade de 0-50 cm.

BATERIA I

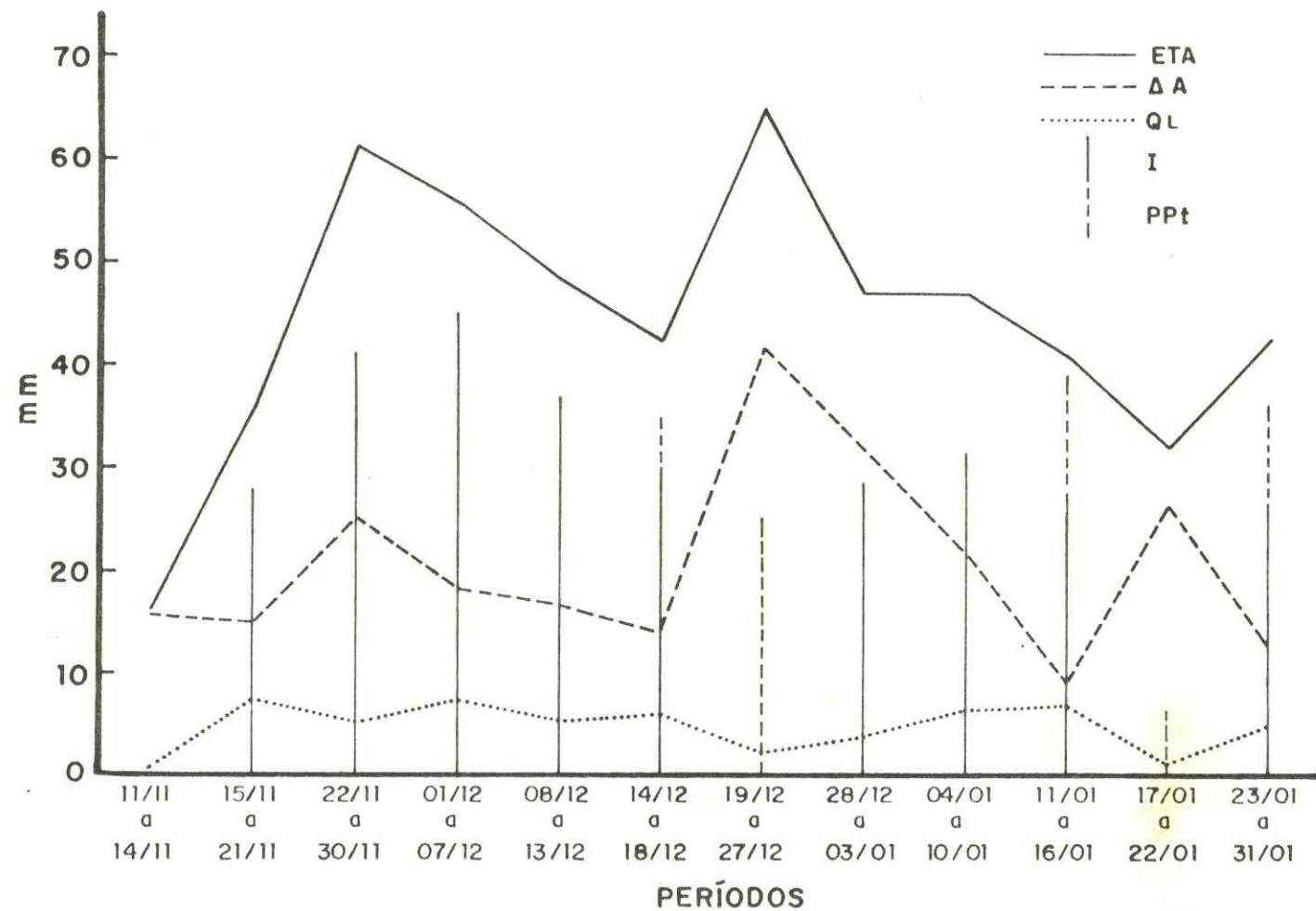


FIGURA 09 - Valores dos componentes do balanço hídrico em cada período para a cultura de melancia na profundidade de 0-70 cm.

BATERIA I

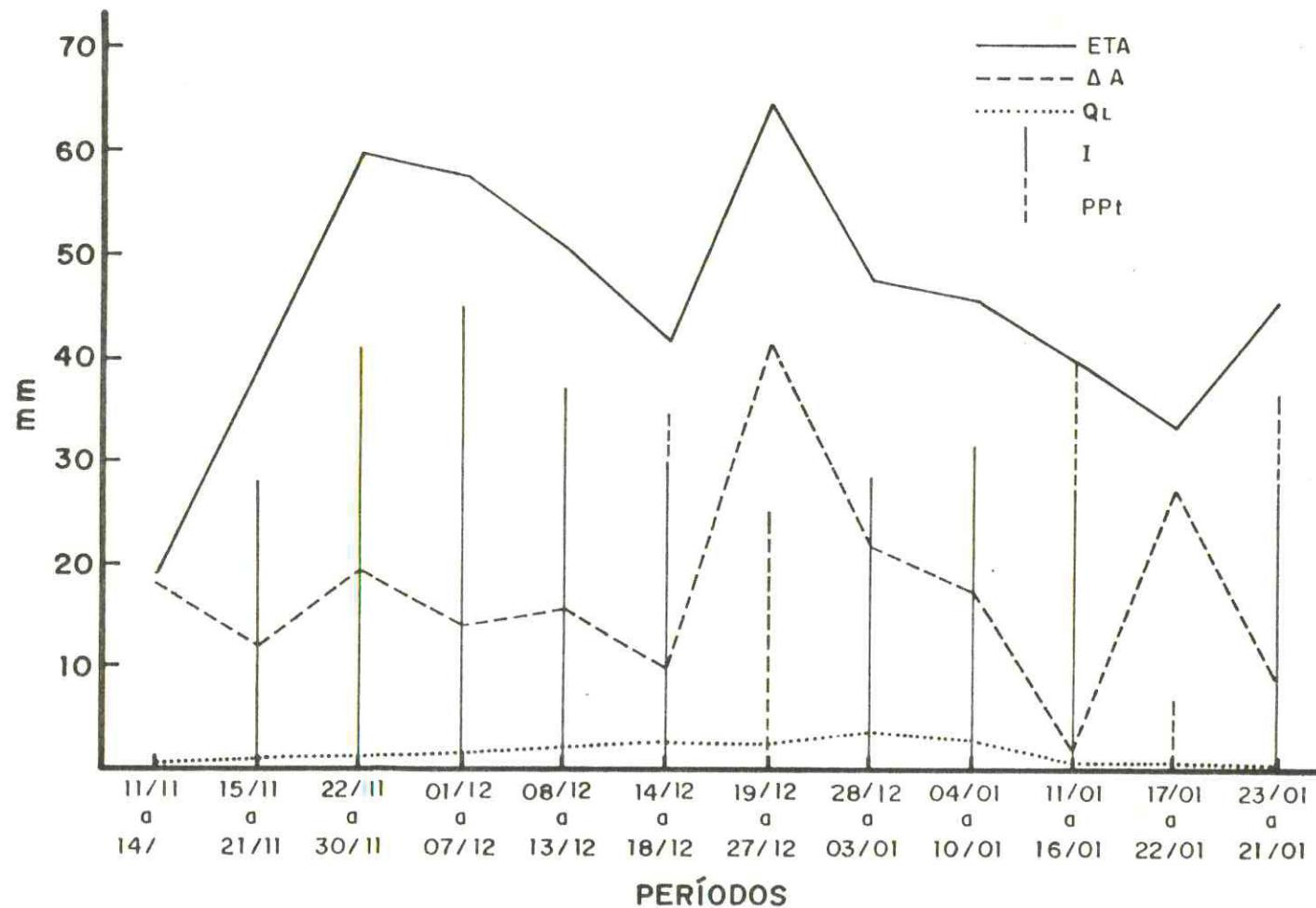


FIGURA 10 - Valores dos componentes do balanço hídrico em cada período para a cultura de melancia na profundidade de 0-30 cm.

BATERIA II

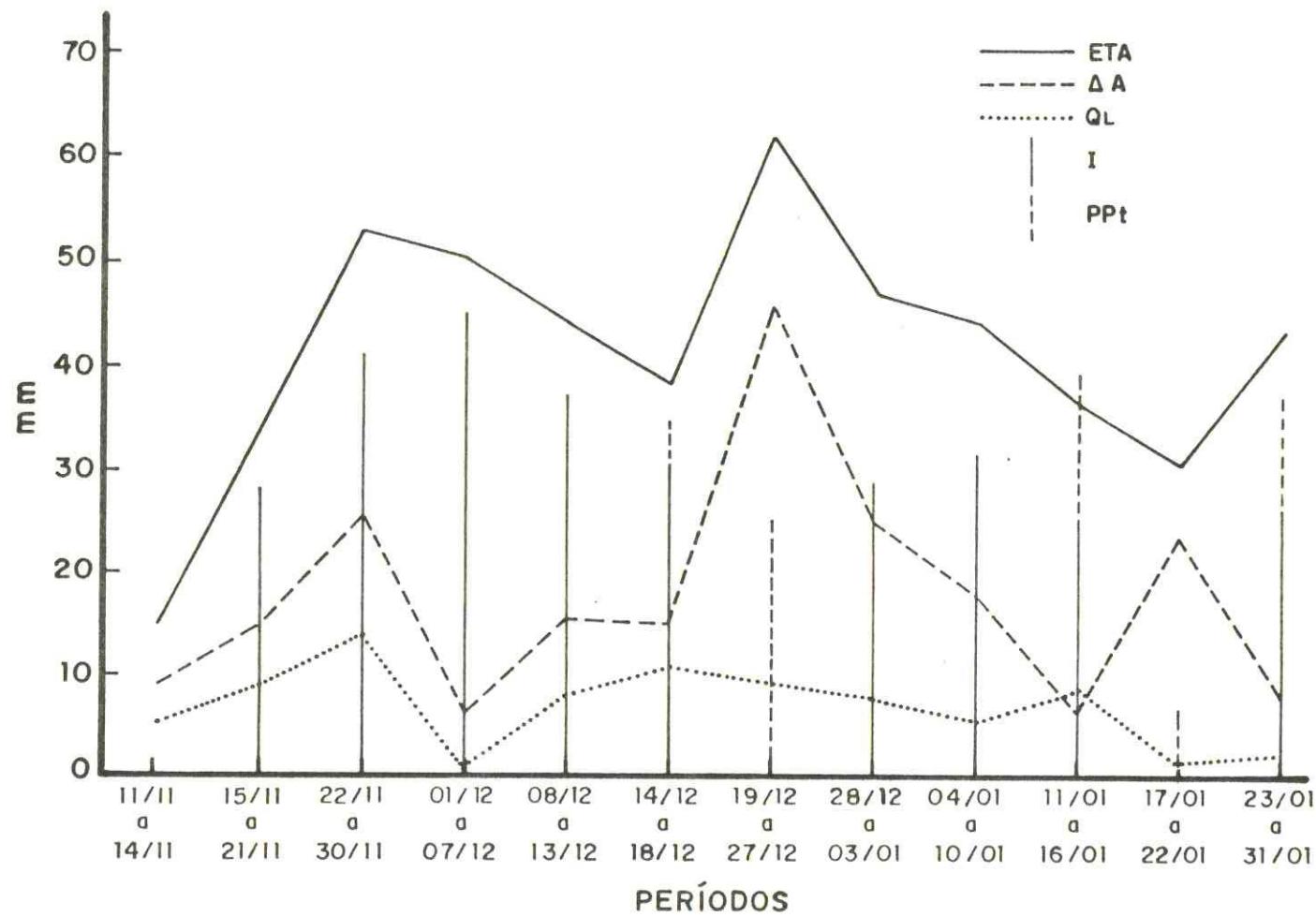


FIGURA 11 - Valores dos componentes do balanço hídrico em cada período para a cultura de melancia na profundidade de 0-50 cm.

BATERIA II

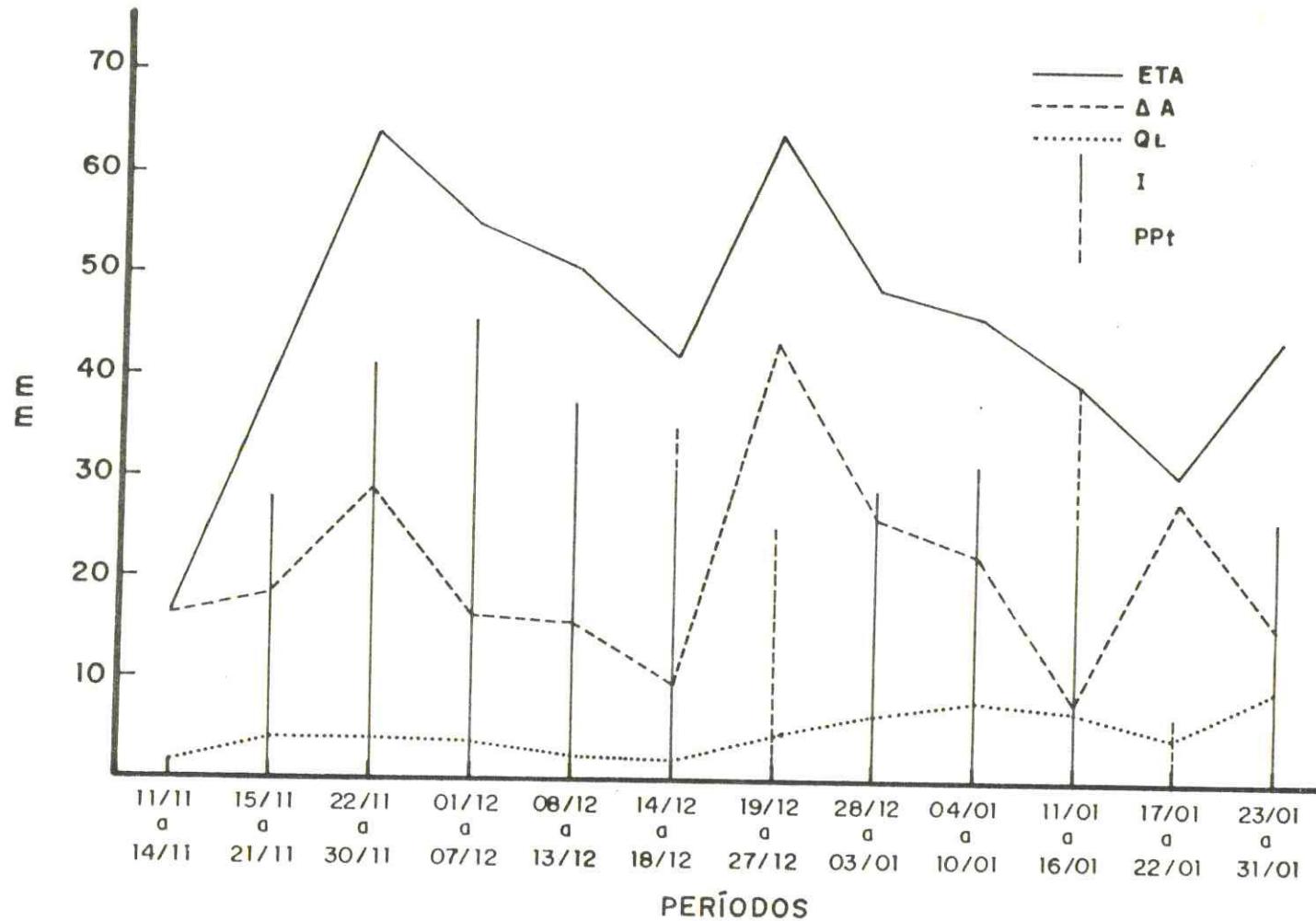


FIGURA 12 - Valores dos componentes do balanço hídrico em cada período para a cultura de melancia na profundidade de 0-70 cm.

BATERIA II

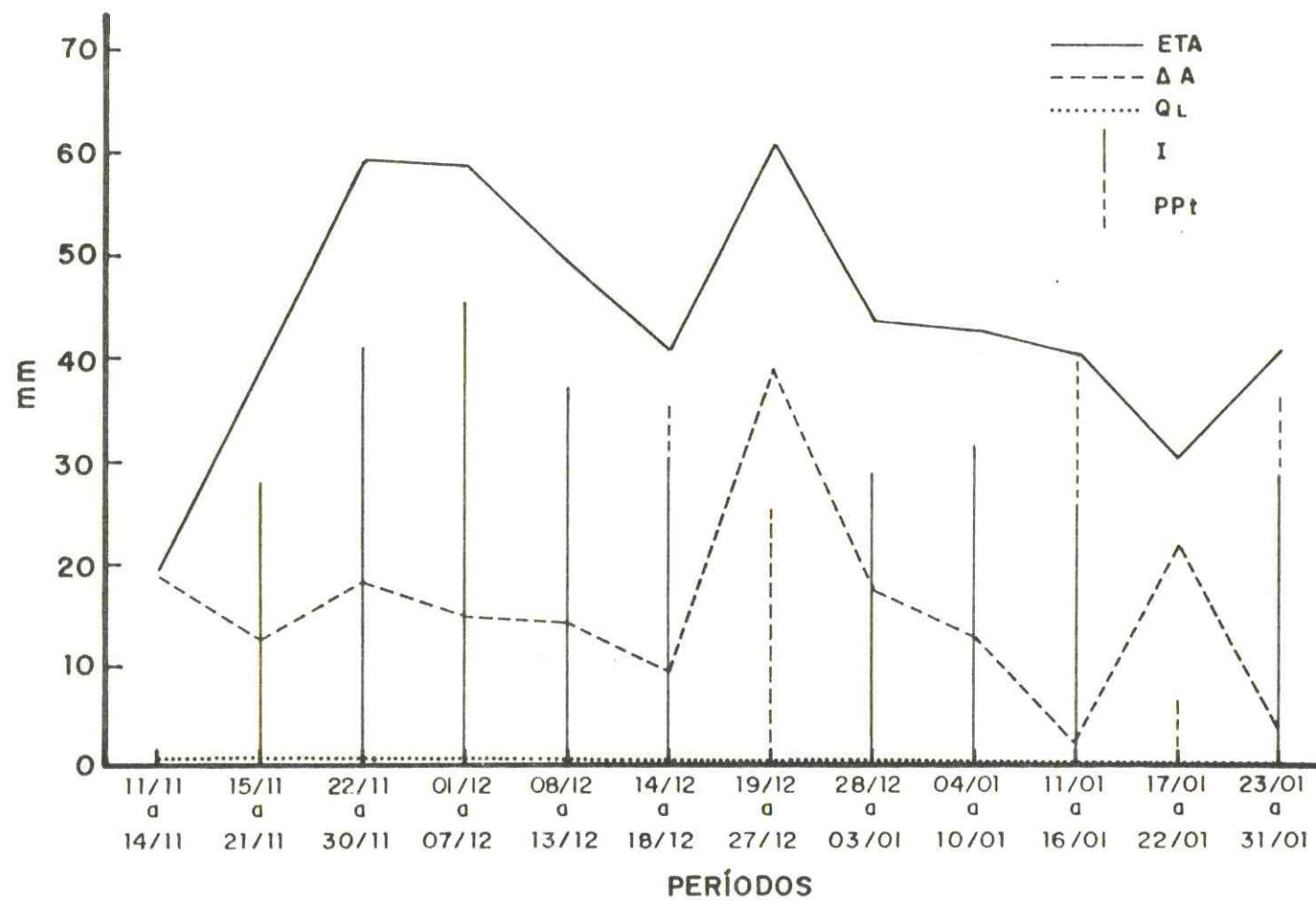


TABELA 09 - Coeficientes do tanque "Classe A", de cultura e de irrigação em função do tanque para a cultura de melancia nos 12 (doze) períodos considerados no balanço hídrico (BATERIA I)

PERÍODOS (DIAS)	INTERVALO (DIAS)	ECA		$K_T$	ETP		ETA		$K_c$ (ADM)	$K_i$ (ADM)
		(mm)	(mm/dia)		(mm)	(mm/dia)	(mm)	(mm/dia)		
11.11 a 14.11.88	4	36,37	9,09	0,75	27,28	6,82	18,82	4,70	0,69	0,52
15.11 a 21.11.88	7	68,80	9,83	0,75	51,60	7,37	39,41	5,63	0,76	0,57
22.11 a 30.11.88	9	85,50	9,50	0,71	60,70	6,74	59,53	6,61	0,98	0,69
01.12 a 07.12.88	7	67,48	9,64	0,73	49,26	7,04	57,62	8,23	1,17	0,85
08.12 a 13.12.88	6	56,84	9,47	0,70	39,79	6,63	50,60	8,43	1,27	0,89
14.12 a 18.12.88	5	48,94	9,79	0,75	36,71	7,34	41,69	8,33	1,13	0,85
19.12 a 27.12.88	9	76,75	8,53	0,73	56,03	6,23	64,30	7,16	1,14	0,84
28.12.88 a 03.01.89	7	62,02	8,86	0,71	44,03	6,29	47,50	6,78	1,08	0,76
04.01 a 10.01.89	7	67,20	9,60	0,69	46,37	6,62	46,76	6,53	0,98	0,68
11.01 a 16.01.89	6	54,60	9,10	0,75	40,95	6,82	39,88	6,64	0,97	0,73
17.01 a 22.01.89	6	51,48	8,58	0,75	38,61	6,43	33,35	5,56	0,86	0,65
23.01 a 31.01.89	9	78,75	8,75	0,73	57,49	6,39	45,24	5,02	0,78	0,57

ECA = EVAPORAÇÃO DO TANQUE "CLASSE A" (mm)

ETP = EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL CORRIGIDA PELA EVAPORAÇÃO DO TANQUE (mm)

ETA = EVAPOTRANSPIRAÇÃO ATUAL, OBTIDA PELO BALANÇO HÍDRICO EM UM VOLUME DE CONTROLE DE SOLO (mm)

$K_T$  = COEFICIENTE DO TANQUE

$K_c$  = COEFICIENTE DE CULTIVO

$K_i$  = COEFICIENTE DE IRRIGAÇÃO

TABELA 10 - Coeficiente do tanque "Classe A", de cultura e de irrigação em função do tanque para a cultura de melancia nos 12 (doze) períodos considerados no balanço hídrico (BATERIA II).

PERÍODOS (DIAS)	INTERVALO (DIAS)	ECA		$K_T$	ETP		ETA		$K_C$ (ADM)	$K_I$ (ADM)
		(mm)	(mm/dia)		(mm)	(mm/dia)	(mm)	(mm/dia)		
11.11 a 14.11.88	4	36,37	9,09	0,75	27,28	6,82	17,84	4,46	0,65	0,49
15.11 a 21.11.88	7	68,80	9,83	0,75	51,60	7,37	38,81	5,54	0,75	0,58
22.11 a 30.11.88	9	85,50	9,50	0,71	60,70	6,74	58,59	6,51	0,96	0,68
01.12 a 07.12.88	7	67,48	9,64	0,73	49,26	7,04	57,38	8,20	1,16	0,88
08.12 a 13.12.88	6	56,84	9,47	0,70	39,79	6,63	48,85	8,14	1,22	0,89
14.12 a 18.12.88	5	48,94	9,79	0,75	36,71	7,34	41,12	8,22	1,11	0,88
19.12 a 27.12.88	9	76,75	8,53	0,73	56,03	6,23	61,93	6,88	1,10	0,85
28.12.88 a 03.01.89	7	62,02	8,86	0,71	44,03	6,29	44,40	6,34	1,00	0,75
04.01 a 10.01.89	7	67,02	9,60	0,69	46,37	6,62	44,80	6,40	0,96	0,67
11.01 a 16.01.89	6	54,60	9,10	0,75	40,95	6,82	39,70	6,16	0,90	0,74
17.01 a 22.01.89	6	51,48	8,58	0,75	38,61	6,43	29,90	4,98	0,77	0,60
23.01 a 31.01.89	9	78,75	8,75	0,73	57,49	6,39	40,70	4,52	0,70	0,53

As tabelas 09 e 10 apresentam os valores de evapotranspiração potencial, estimada a partir dos dados de evaporação do tanque "Classe A" conforme recomendações da FAO (DOOREMBOS & PRUITT, 1975) que propõe um coeficiente de tanque ( $K_T$ ) em função da velocidade do vento, umidade relativa do ar e bordadura. Os coeficientes de tanque encontrados variaram de 0,69 a 0,75, sendo o valor médio para todos os períodos de 0,73. Os resultados médios encontrados para a evaporação do tanque "Classe A", evapotranspiração potencial e evapotranspiração atual para BATERIA I e BATERIA II foram de 9,22; 6,73; 6,63 e 6,36 mm.dia<sup>-1</sup> respectivamente. Tem-se ainda nesta tabela os valores de coeficiente de cultura ( $K_c$ ) e coeficiente de irrigação ( $K_i$ ).

O coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) é de grande importância, podendo ser extrapolado para outras regiões, com características edafoclimáticas semelhantes às da área onde foi conduzido o experimento. O  $K_c$  médio para a BATERIA I foi de 0,98 e para BATERIA II de 0,94, valores bem próximos, pois as baterias de tensiômetros foram instalados nas parcelas com o mesmo nível de irrigação. O coeficiente de irrigação ( $K_i$ ) foi obtido multiplicando-se o coeficiente do tanque pelo coeficiente de cultura. O  $K_i$  médio para a BATERIA I foi de 0,72 e para BATERIA II de 0,71.

As figuras 13 e 14 mostram as variações da evaporação do tanque "Classe A" (ECA), evapotranspiração potencial (ETP) e evapotranspiração atual (ETA) em mm.dia<sup>-1</sup>, para os períodos considerados no balanço hídrico. Comparando-se estes dados, observa-se que a ECA foi maior em todo o período, e que a ETP foi superada pela ETA no período de floração e frutificação da cultura. A FIGURA 13 corresponde aos dados da BATERIA I e a FIGURA 14 à BATERIA II.

As figuras 15 e 16 que correspondem às BATERIAS I e II respectivamente, apresentam as curvas obtidas por regressão linear com os dados acumulados de evapotranspiração potencial (ETP) e evapotranspiração atual (ETA). As equações foram:

$$\text{ETA} = 7,0351T - 11,3516 \quad (r=0,99 \text{ e } r^2=0,99) \quad \text{e} \quad \text{ETP}=6,6055T+9,4576$$

( $r=0,99$  e  $r^2=0,99$ ) para a BATERIA I e para a BATERIA II a equação para a evapotranspiração atual foi:

$\text{ETA}=7,0248T-9,7492$  ( $r=0,99$  e  $r^2=0,99$ ). As figuras citadas anteriormente mostram que os valores de ETP e ETA estão bastante próximos um do outro, para as duas baterias. A partir de um determinado tempo, a ETA ultrapassa a ETP, demonstrando que a cultura se desenvolveu sob ótimas condições de umidade.

A partir dos dados de coeficiente cultural ( $K_c$ ), foi possível determinar as curvas, obtidas por regressão quadrática, do  $K_c$  da melancia em função do período do balanço hídrico, como mostram as figuras 17 e 18 correspondendo as baterias I e II respectivamente. As equações encontradas para a BATERIA I foi:  $Y=0,583+0,026x - 0,00031x^2$  ( $r=0,94$  e  $r^2=0,88$ ) e para a BATERIA II:  $Y=0,561 + 0,026x - 0,00032x^2$  ( $r=0,94$  e  $r^2=0,88$ ).

As figuras 19 e 20 que correspondem as baterias I e II respectivamente, mostram a variação do coeficiente de cultura ( $K_c$ ) em função dos estágios do ciclo da melancia. A cultura foi dividida em quatro estágios de desenvolvimento, assim caracterizados: estágio I - semeadura até a emergência; estágio II - desenvolvimento vegetativo; estágio III - floração/frutificação; estágio IV - maturação até a colheita. Para a BATERIA I os valores encontrados foram: estágio I - 0,51; estágio II - variável; estágio III - 1,10; estágio IV - 0,78. Para a BATERIA II os valores de  $K_c$  encontrados foram: estágio I - 0,47; estágio II - variável; estágio III - 1,04; estágio IV - 0,70.

Na TABELA 11, encontram-se os elementos básicos de irrigação obtidos durante o balanço hídrico da cultura de melancia. As irrigações ocorriam quando os tensiômetros instalados a 10 cm de profundidade indicavam um valor de -0,3 atm. No entanto, devido a causas inerentes ao experimento, as irrigações ocorreram com um valor médio de potencial matricial igual a -0,345 atm. As lâminas de irrigação foram calculadas com base nas leituras dos tensiômetros instalados a 10 e 30 cm, bem como nas curvas caracteristi-

cas das respectivas profundidades, mostradas anteriormente. As lâminas elevavam à capacidade de campo uma camada de 50 cm de solo. A lâmina média por irrigação foi de 32,53 mm e estimou-se uma eficiência de aplicação de 90 %. O turno de rega variou de 4 a 9 dias, com um valor médio de 7 dias. O turno de rega de 9 dias deveu-se a precipitações pluviométricas ocorridas no período. Foram efetuadas nove irrigações durante todo o período do balanço hídrico.

FIGURA 13 - Valores em  $\text{mm/dia}^{-1}$  da elevação do tanque "Classe A" (ECA), evapotranspiração potencial (ETP) e evapotranspiração atual (ETA).

BATERIA I

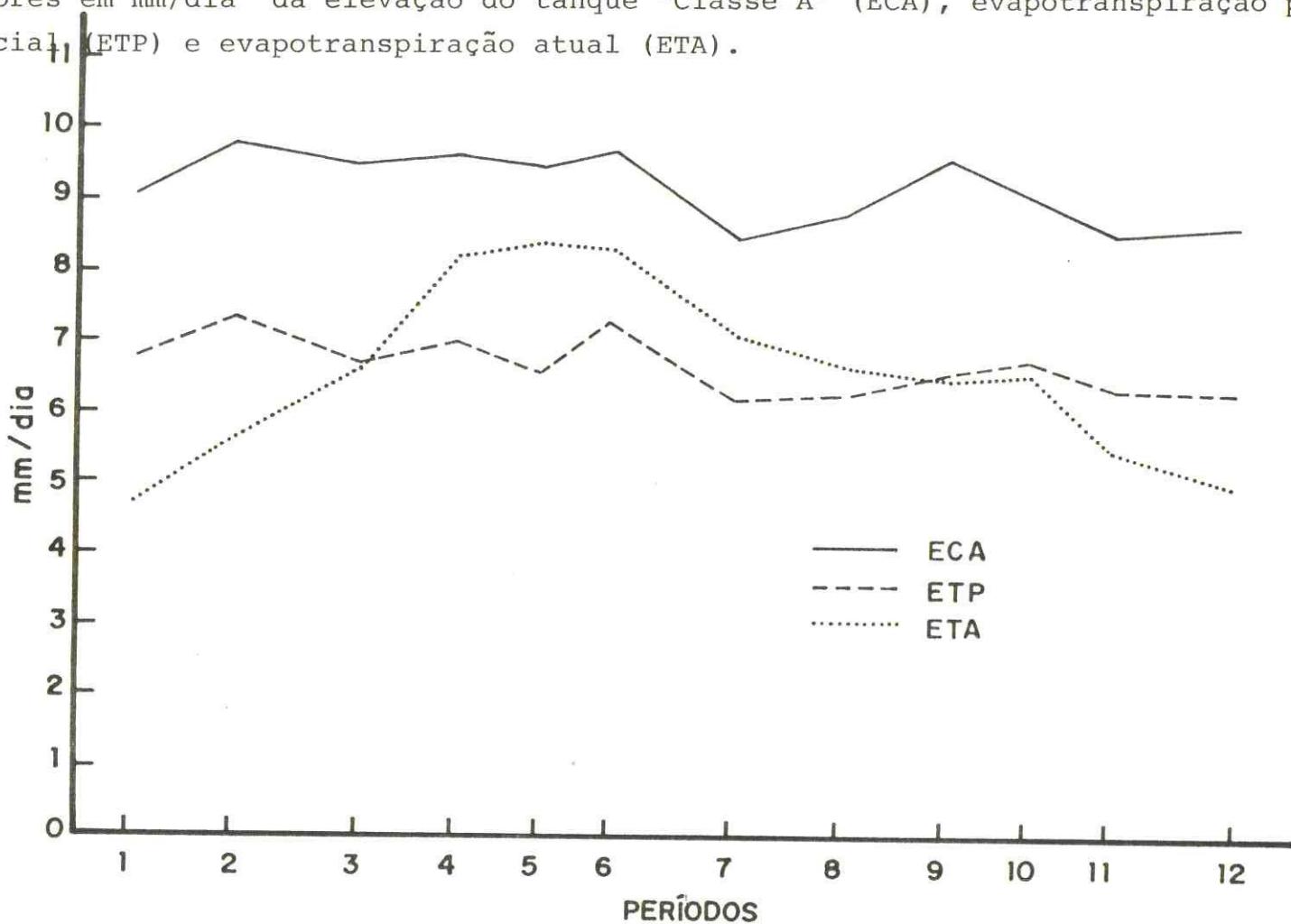
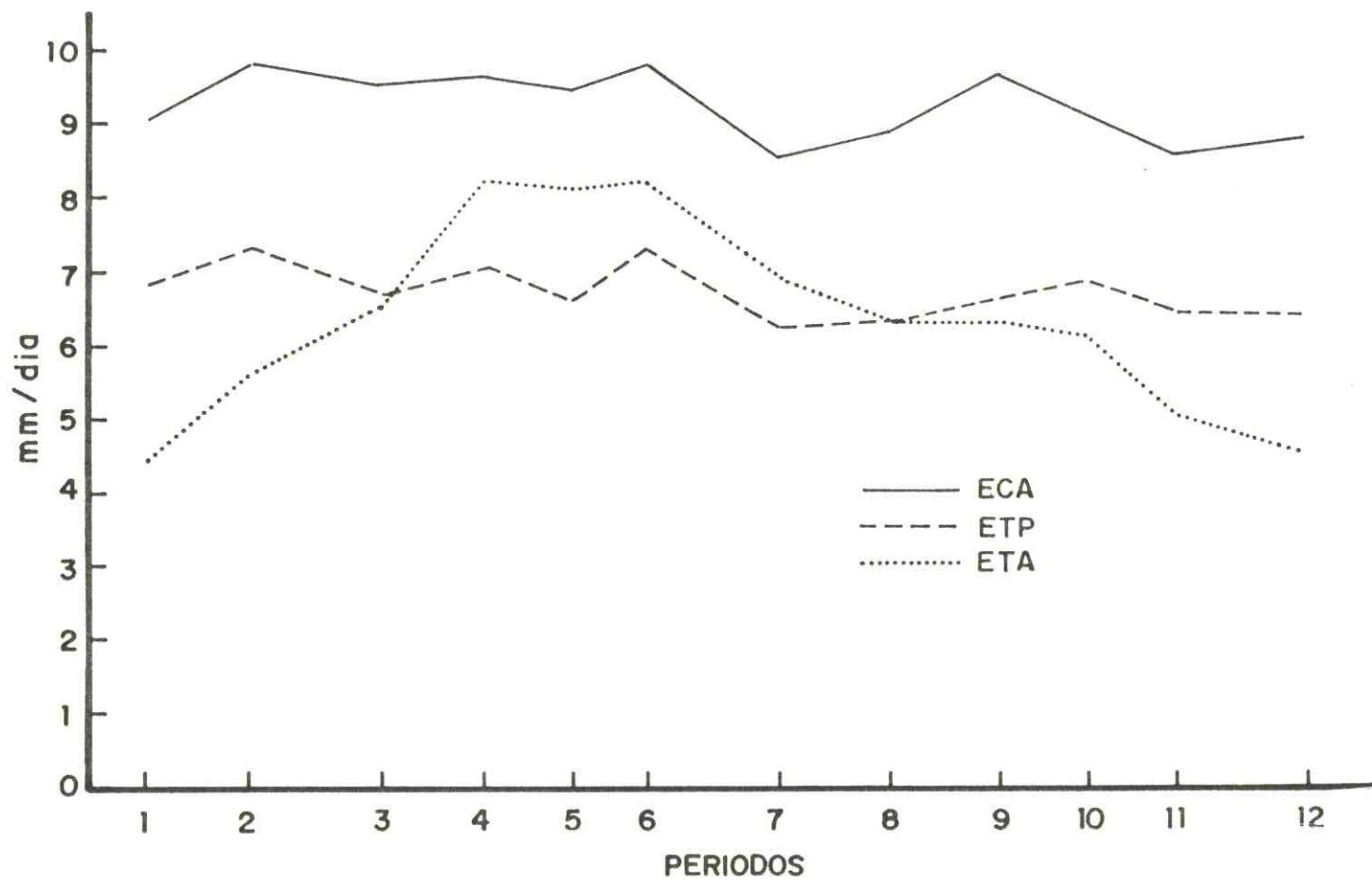


FIGURA 14 - Valores em mm/dia<sup>-1</sup> da elevação do tanque "Classe A" (ECA), evapotranspiração potencial (ETP) e evapotranspiração atual (ETA).

BATERIA II



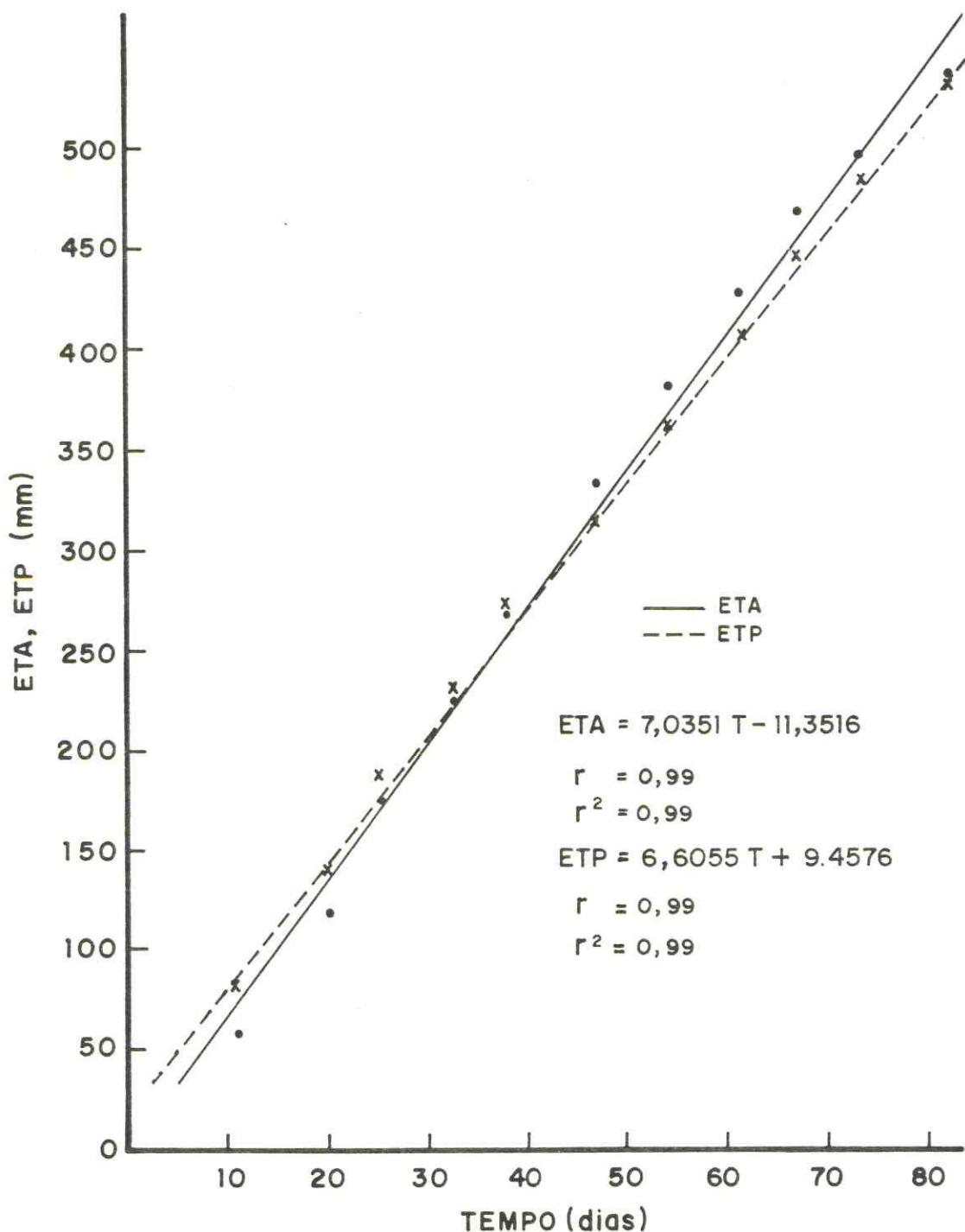


FIGURA 15 - Retas de regressão linear da evapotranspiração potencial (ETP) e atual (ETA) acumulados de melancia.  
BATERIA I

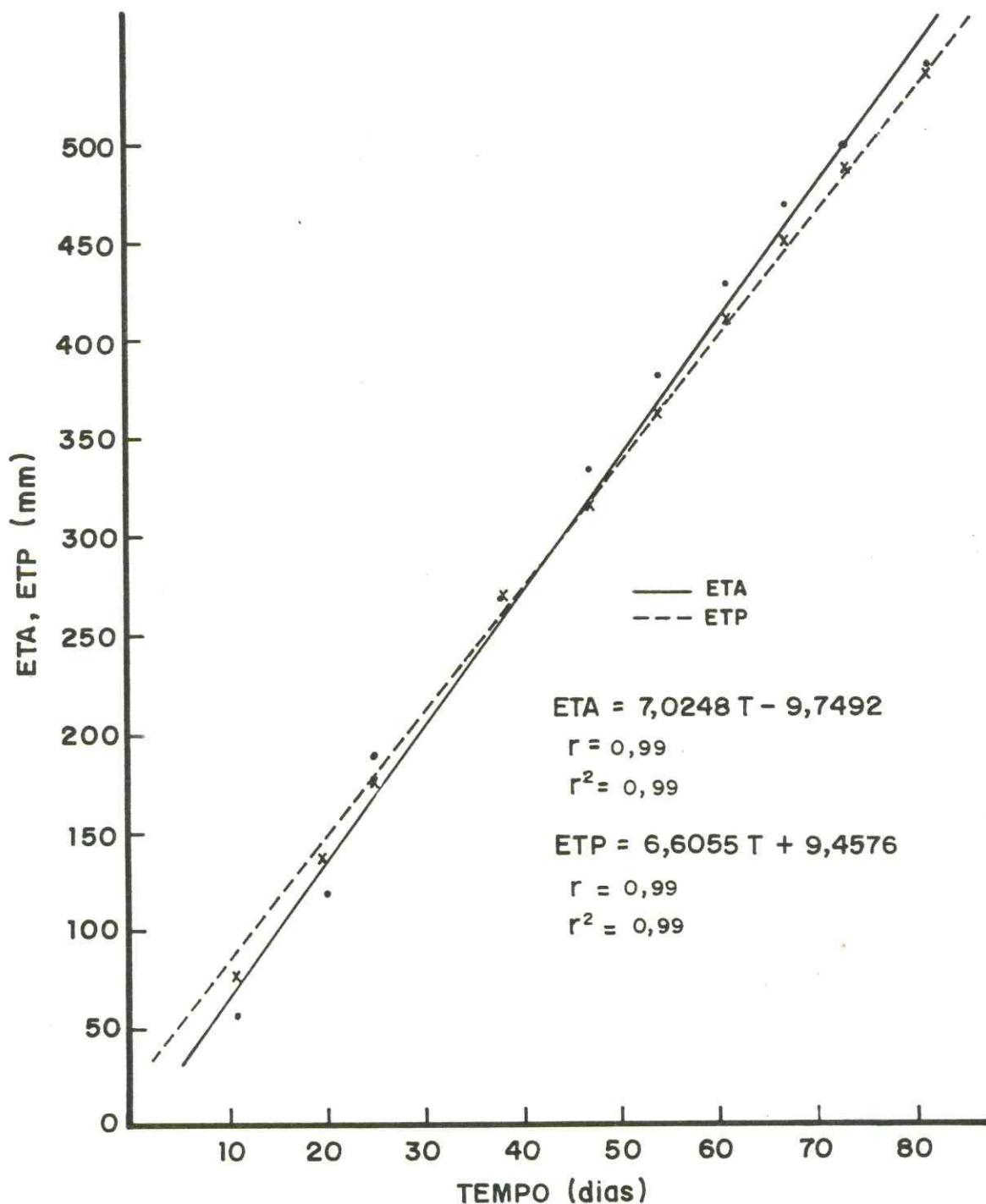


FIGURA 16 – Retas de regressão linear da evapotranspiração potencial (ETP) e atual (ETA) acumulados de melancia.  
BATERIA II

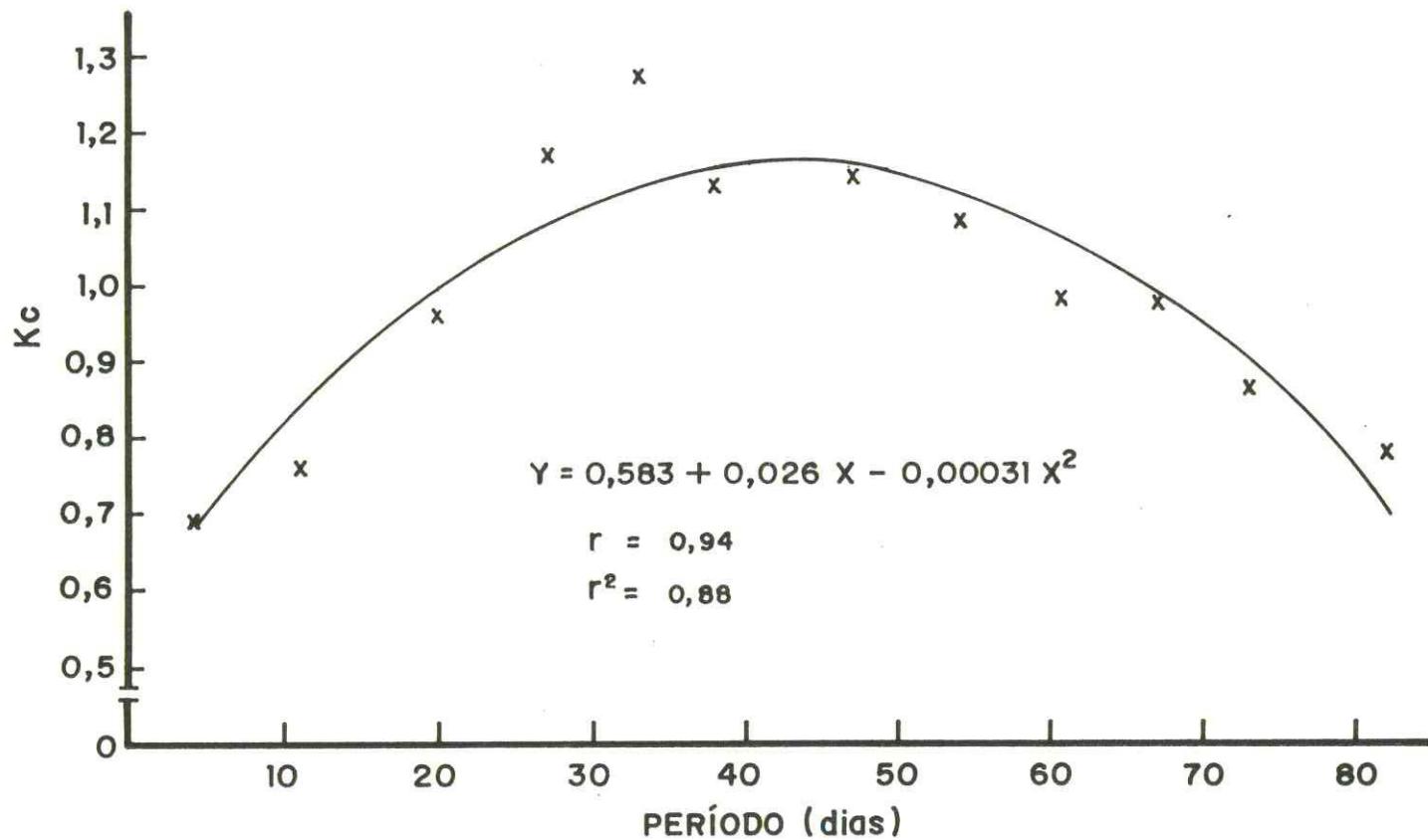


FIGURA 17 - Curva de coeficiente cultural ( $K_c$ ) de melancia em função do período do balanço hídrico. BATERIA I

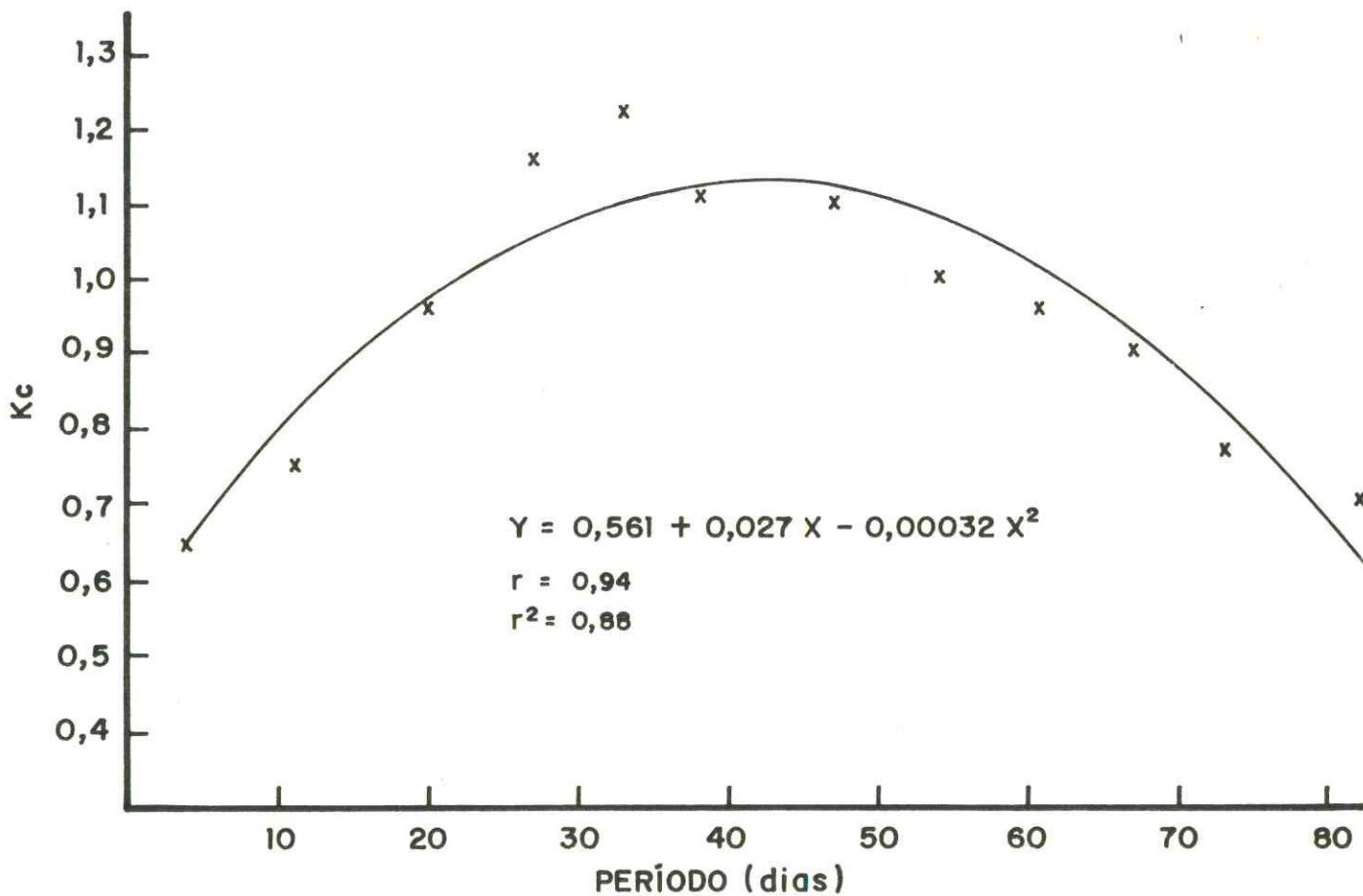


FIGURA 18 – Curva de coeficiente cultural ( $K_c$ ) de melancia em função do período de balanço hídrico.

BATERIA II

FIGURA 19 - Variação do coeficiente  $K_c$  para a cultura de melancia em função dos estágios do ciclo.

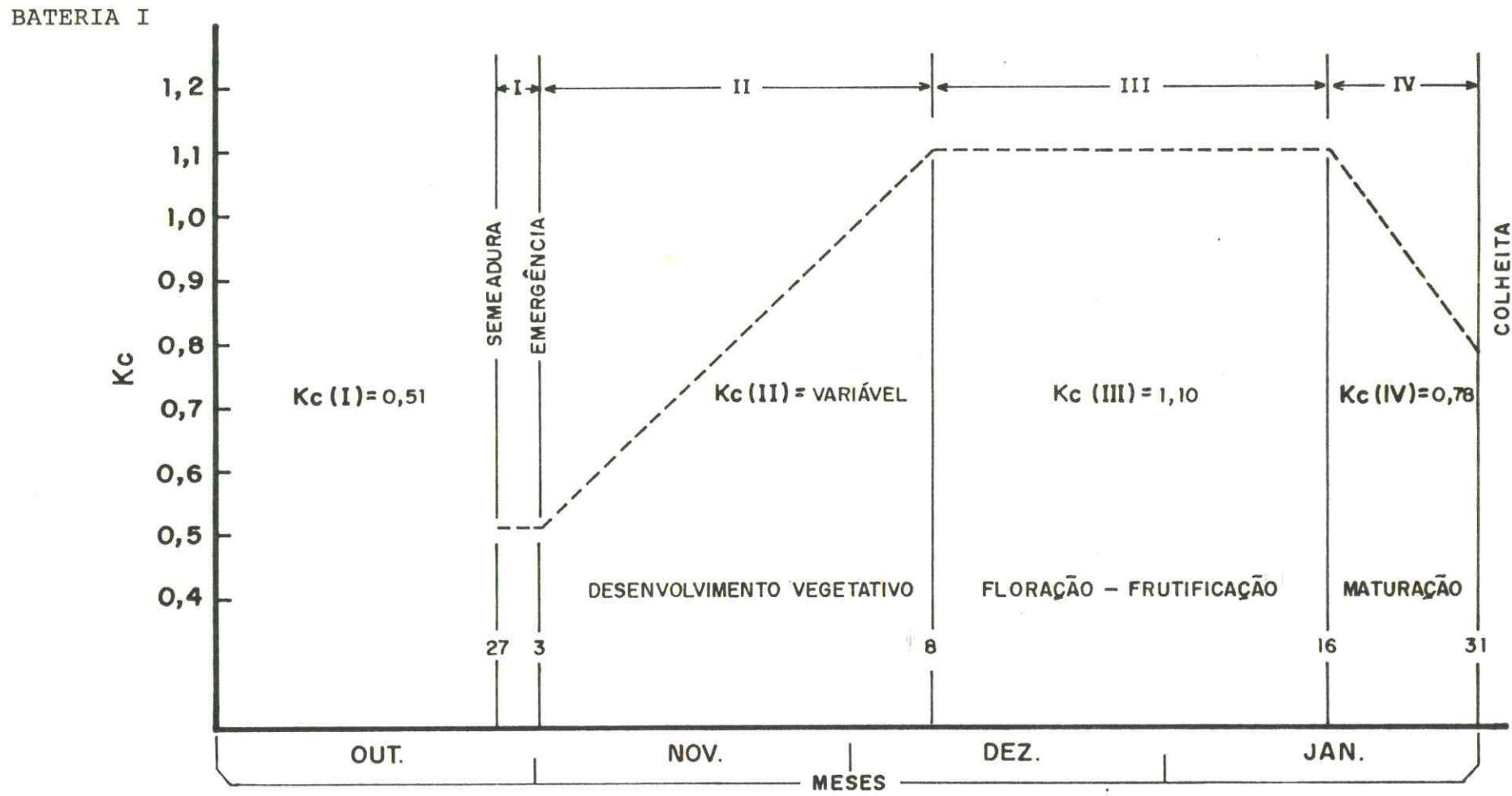


FIGURA 20 - Variação do coeficiente  $K_c$  para a cultura de melancia em função dos estágios do ciclo.

BATERIA II

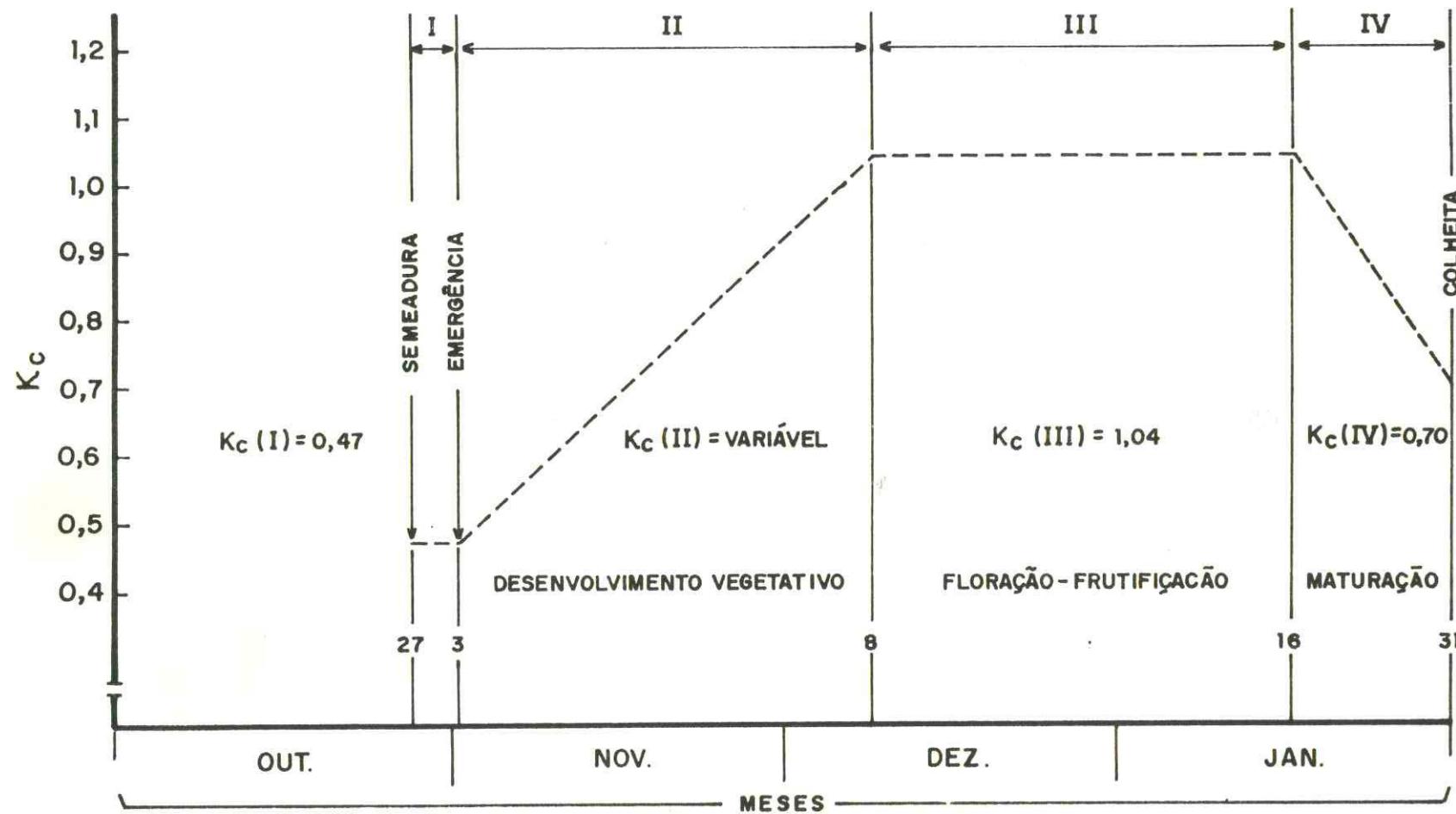


TABELA 11 - Elementos básicos de irrigação obtidos durante o balanço hídrico da cultura de melancia

DATA	PROFOUNDIDADE (cm)	$\theta$	$\psi_m$	$\theta$	$\psi_m$	$\Delta\theta$ ( $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ )	LÂMINA LÍQUIDA PARCIAL (mm)	LÂMINA LÍQUIDA TOTAL (mm)	LÂMINA BRUTA (mm)	TURNO DA REGA (DIAS)	DOTAÇÃO DIÁRIA (mm)	ppt (mm)	Nº DE IRRIGAÇÕES
		MÁXIMO ( $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ )	(cm)	MÍNIMO ( $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ )	(cm)		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		
11.11.88													
15.11.88	10	0,384	-100	0,285	-313,30	0,099	19,80			4	7,20		1
	30	0,313	-100	0,295	-113,80	0,018	5,40					0,8	
22.11.88	10	0,384	-100	0,275	-348,00	0,109	21,80			7	5,86		2
	30	0,313	-100	0,260	-176,80	0,053	15,90						
01.12.88	10	0,384	-100	0,255	-574,80	0,129	25,80			9	5,00		3
	30	0,313	-100	0,241	-232,00	0,072	14,40			7	5,27		4
08.12.88	10	0,384	-100	0,289	-300,00	0,095	19,00						
	30	0,313	-100	0,265	-165,30	0,048	14,40			6	5,68		
14.12.88	10	0,384	-100	0,275	-344,20	0,109	21,80					4,10	5
	30	0,313	-100	0,300	-110,00	0,013	5,00			5	5,00		
19.12.88												25,00	
										9	3,22		
28.12.88	10	0,384	-100	0,290	-293,20	0,094	18,80					0,50	6
	30	0,313	-100	0,290	-127,60	0,023	6,90			7	4,47		
04.01.89	10	0,384	-100	0,270	-349,20	0,114	22,80						7
	30	0,313	-100	0,295	-125,10	0,018	5,40			7	5,56		
11.01.89	10	0,384	-100	0,280	-316,50	0,104	20,80					13,20	8
	30	0,313	-100	0,305	-108,76	0,008	2,40			6	1,10		
17.01.90	10											6,40	
	30									6	6,20		
23.01.89	10	0,384	-100	0,285	-307,00	0,099	19,80						9
	30	0,313	-100	0,300	-115,00	0,013	3,90						

## 5 - CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que:

- a) durante o período em que realizou-se o balanço hídrico, os valores médios diários encontrados para evaporação do tanque "Classe A", evapotranspiração potencial e evapotranspiração atual foram  $9,23$ ;  $6,73$  e  $6,50 \text{ mm.dia}^{-1}$  respectivamente;
- b) o coeficiente de cultura ( $K_c$ ) médio para a cultura da melancia obtido no período estudado foi de  $0,96$  e o coeficiente de irrigação ( $K_i$ ) de  $0,71$ . O coeficiente do tanque ( $K_t$ ) encontrado de acordo com a recomendação da FAO (DOOREMBOS & PRUITT, 1975) para todo período foi de  $0,73$ ;
- c) o componente drenagem profunda ( $Q_L$ ) apesar da dificuldade na sua estimativa, torna-se indispensável, pois a sua negligência poderá superestimar o valor da ETA (evapotranspiração atual) encontrado no balanço hídrico;
- d) as equações do coeficiente cultural ( $K_c$ ) em função do período do balanço hídrico foram:  $Y=0,583+0,026x - 0,00031x^2$  ( $r=0,94$  e  $r^2=0,88$ ) para a BATERIA I e  $Y=0,561 + 0,027x - 0,00032x^2$  ( $r=0,94$  e  $r^2=0,88$ ) para a BATERIA II;
- e) a variação do coeficiente de cultura ( $K_c$ ) em função dos estágios do ciclo da melancia para a BATERIA I, foram: estágio I -  $0,51$ ; estágio II - variável; estágio III -  $1,10$  e estágio IV -  $0,78$ . Para a BATERIA II foram: estágio I -  $0,47$ ; estágio II - variável; estágio III -  $1,04$  e estágio IV -  $0,70$ .

## **6- RECOMENDAÇÕES**

Recomenda-se também realizar o balanço hídrico na cultura da melancia desde o início, ou seja, a partir da germinação , controlando a aplicação de água neste estágio.

O método do balanço hídrico, em um volume de controle de solo utilizado para determinação da evapotranspiração atual é bastante confiável, desde que se conheçam as características / físicas-hídricas ao longo do perfil do solo estudado, devendo portanto, ser utilizado nas culturas de importância econômica para a região, bem como considerar todos os parâmetros integrantes do processo para evitar erros na estimativa da evapotranspiração.

## 7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAGÃO JÚNIOR, T.C. - Determinação do Coeficiente de Cultura ( $K_c$ ) para Cenoura (Daucus carota, L) pelo Método do Balanço Hídrico. Fortaleza, U.F.C. 1982, 45p. (Dissertação de Mestrado).
- AMORIM NETO, M.S. & MAGALHÃES, A.A. - Utilização do Tanque "Classe A" para Determinação da Época de Irrigação. EMBRAPA-CPATSA. Petrolina, 1986, 9p.
- AMORIM NETO, M.S. - Evaporação e Evapotranspiração. EMBRAPA /CPATSA. Petrolina, 1986, 22p.
- BERLATO, M.A. & MOLLION, L.C.B. - Evaporação e Evapotranspiração. Instituto de Pesquisas Agronômicas. Boletim Técnico nº 7. Porto Alegre, 1981, p.3-96.
- BERNARDO, S. - Manual de Irrigação. 4<sup>a</sup> ed. Viçosa, UFV, Impr. Univ. 1986. 488p.
- BRUNINI, O.; GROWMANN, F. & SANTOS, J.M. - Balanço Hídrico em Condições de Campo para Dois Cultivares de Arroz sob Duas Densidades de Plantio. Rev. Bras. de Ciência do Solo. 5:1-6. Jan/Abr, 1981.
- BRUNINI, O.; ALFONSI, R.M.; SANTOS, J.M.; ORTOLANI, A.A.; PEDRO, Jr. M.J.; ANGELOCI, L.R. - Necessidades em Água por Cultura de Arroz em Condições de Sequeiro. In: III Seminário Nacional de Irrigação e Drenagem, Fortaleza, 1975. Anais, V.3m p.139-144.
- CARVALHO, A.J.P. & SILVA, Z.R. - Boletim Agrometeorológico. Departamento de Engenharia Agrícola - UFC nº 99 e 100.
- CASTRO, P.T. de - Evapotranspiração Atual e Potencial de uma Cultura de Milho (Zea mays, L.). Piracicaba. ESALQ/USP. 61p. 1979. (Dissertação de Mestrado).
- COCHRANE, T.T. & MADEIRA NETO, J.S. - A Deficiência da Pre-

- cipitação e a Evapotranspiração Potencial do Brasil. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. 1985. 95p.
- COELHO, M.A. & OLIVEIRA, F.N.S. - Procedimento para Determinação de Curva Característica da Água do Solo com o Emprego do Tensiômetro. Convênio FINEP/FCPC - Estudo do Solo do Ceará. Fortaleza, 1984. 28p.
- COSTA, A.M. - Efeito da Época de Plantio e Diferentes Níveis de Irrigação na Produtividade de Duas Cultivares de Algodão Herbáceo (Gossypium hirsutum L.). Fortaleza. U.F.C. 1989. 85p. (Dissertação de Mestrado).
- CRUCIANI, D.E. - Balanço Hídrico em Solo Cultivado com Cana-de-açúcar - Utilização do Método da Moderação de Nêutrons. Piracicaba. CENA, 1972. 35p. (Boletim Informativo).
- DOOREMBOS, J. & PRUITT, W.O. - Crop Water Requirements. Revised, Roma. FAO. 1975. 144p. (Irrigation and Drainage Paper, 24).
- EMPASC - Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária S/A. Normas Técnicas para a Cultura da Melancia. Região do Litoral do Itajaí, Santa Catarina, 1986. 12p.
- FERRAZ, E.S.B. - Estudo da Evapotranspiração Real Através da Medida de Unidade do Solo por Moderação de Nêutrons. Piracicaba, CENA: 1972. 40p. (Boletim Científico nº 5).
- FIETZ, C.R.; CAUDURO, F.A.; BELTRAME, L.F.S. - Modelo de Cálculo de Demanda Hídrica em Lavoura de Arroz Irrigado (Oryza sativa L.). In: VII Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, Brasília, 1986. Anais, V.1, p-155 - 167.
- GUERRERO, P. - Modelamento de Fenômeno da Evapotranspiração. In: III Seminário Nacional de Irrigação e Drenagem. Fortaleza. 1975. Anais. V.3. 60-64p.
- HARGREAVES, G.H. - Precipitation Dependability and Potentials for Agricultural Production in Northeast Brasil. Utah State University, Logan. 1974. 122p.

- HILLEL, D. - Solo e Água - Fenômenos e Princípios. Porto Alegre, 1970, 231p.
- JENSEN, M.E. - Consumptive Use of Water and Irrigation Water Requirements. New York. 1973. 215p.
- MAGALHÃES, C.A. - Determinação do Coeficiente de Cultura ( $K_c$ ) para o Pimentão (Capsicum anuum L.) Pelo Método do Balanço Hídrico. Fortaleza. UFC. 1982. 40p. (Dissertação de Mestrado).
- MARCA, O.R. - Determinação da Evapotranspiração do Consórcio Feijão-Milho-Algodão pelo Método do Balanço Hídrico e através de Fórmulas Empíricas sob Regime de Irrigação por Sulcos. Fortaleza, UFC. 1985. 83p. (Dissertação de Mestrado).
- MARTINS, S.R.; APARÍCIO, D.J.; CASTILLO, F.E. - Contribuição ao Estudo da Evaporação e Evapotranspiração de Referência - Determinação de Coeficientes de Tanque "Classe A". In: VIII Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, Florianópoles, 1988. Anais, V.2, p.1023-1036.
- MILLAR, A.A. - Manejo Racional da Irrigação: Uso de Informações Básicas sobre Diferentes Culturas. IICA, Brasília, 1984. 56p.
- OTTONI Fco., T.B. - Avaliação de Evapotranspiração no Campo Usando-se Dados de Temperatura do Cultivo. In: VIII Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem. Florianópoles, 1988. Anais, V.2, p.973-996.
- PADILHA JÚNIOR, I.C. - Evapotranspiração - Utilização de Modelos. In: VII Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, Brasília, 1986. Anais, V.2, p.391-436.
- REICHARDT, K. - Processos de Transferência no Sistema Solo-Planta-Atmosfera. São Paulo, Fundação Cargill, Piracicaba, CENA. 1975. 286p.
- \_\_\_\_\_- Processos de Transferência no Sistema Solo-Planta-Atmosfera. 4ª ed. Rev. Campinas, Fundação Cargill, 1985. 445p.

- REICHARDT, K.; LIBARDI, P.L.; SAUNDERS, L.C.U. - Dinâmica da Água em Solo Cultivado com Milho. Rev. Bras. de Cien. do Solo. 3:1-5, 1979.
- ROSE, C.W. & STERN, W.R. - Determinations of Withdrawal from Soil by Crop Roots as Function of Depth and Time. Aust. J. Soil. Research. 1976, p.5-11.
- SÁ, V.A. de L. - Dinâmica da Água na Cultura da Abóbora (Cucurbita máxima, Duch.) Cultivada em um Solo Aluvião Eutrófico no Vale do Curú-CE. Fortaleza. UFC. 1988. 75p. (Dissertação de Mestrado).
- SANTOS, G.A. de S. - Uso Consuntivo da Cultura de Melão (Cucumis melo, L.). Fortaleza, UFC, 1985, 71p. (Dissertação de Mestrado).
- SANTOS, E.D. - Determinacion de la Evapotranspiración en Trigo Mediante Riego por Succion. Chapingo. México. 1977. 107p. (Dissertação de Mestrado).
- SAUNDERS, L.C.U. - Métodos de Determinação e Variabilidade Espacial da Condutividade Hidráulica sob Condições de Campo. Piracicaba. ESALQ/USP. 1978. 71p. (Tese de Doutorado).
- SAUNDERS, L.C.U.; CASTRO, P.T.; BARBOSA, C.E.; MATIAS FILHO, J. - Dinâmica da Água no Solo com a Cultura do Feijão-de-corda (Vigna sinensis (L) Savi) em Aluvião Eutrófico. Ciên. Agron. Fortaleza. 1981. 12(1/2):141-148.
- SAUNDERS, L.C.U.; CASTRO, P.T. de; MATIAS FILHO, J. & BEZERRA, F.M.L. - Uso Consuntivo da Cultura do Milho, sob Condições Naturais de Precipitação na Microrregião Homogênea de Quixeramobim. Apresentado no XIV Congresso Brasileiro de engenharia Agrícola. Fortaleza, 1984.
- SAUNDERS, L.C.U.; CASTRO, P.T. de.; BEZERRA, F.M.L. & PEREIRA, A.L.C. - Evapotranspiração Atual da Cultura do Feijão-de-corda (Vigna sinensis (L) Savi) na Microrregião Homogênea de Quixeramobim. Apresentado no XIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Fortaleza, 1984. 14p.
- SILVA, M.A. & MILLAR, A.A. - Evapotranspiração do Feijão-

- de-corda (Vigna sinensis (L) Savi). Pesquisa em Irrigação do Trópico Semi-Árido: Solo-Água-Planta. EMBRAPA-CPATSA. Petrolina. Boletim de Pesquisa nº 4, 1981, 85p.
- SILVEIRA, P.M. & STONE, L.F. - Balanço de Água na Cultura do feijão em Latossolo Vermelho-Amarelo. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, 14(2):111-115, 1979.
- SIMÕES, A.J. - Determinação da Evapotranspiração Potencial e Necessidades de Água de Irrigação para o Projeto Piloto Mandacarú. SUDENE/IICA. Petrolina, 1973, 19p.
- SOARES, J.M. & AMORIM NETO, M.S. - Necessidade de Água de Irrigação. EMBRAPA-CPATSA. Petrolina, 1986, 12p.
- TANNER, C.B. - Evaporation of Water from Plants and Soil. In: KOLOWSKI, T.T., Ed Water deficits And Plant Growth. New York, Academic Press. 1968, p.74-106.
- TELLES, D.A.; VIEIRA, D.B.; OLITTA, A.F.L.; SCALOPPI, E.J.- Curso Básico de Irrigação. Abid. Brasília, 1986, 169p.
- VILLA NOVA, N.A. & OMETTO, J.A. - Instruções para Utilização do Tanque "Classe A" em Estimativas da Evapotranspiração Potencial, Real e Frequência de Irrigação. ESALQ 1977. 16p.
- VILLA NOVA, N.A. - Evaporação e Evapotranspiração. ESALQ-USP. Publicação do Departamento de Física e Meteorologia, 1975, 26p.