

DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE CULTURA (Kc),
PARA O PIMENTÃO (*Capsicum annum* L.) PELO
MÉTODO DO BALANÇO HÍDRICO

CARLOS ALBERTO DE MAGALHÃES

FORTALEZA - CEARÁ

1982

DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE CULTURA (Kc),
PARA O PIMENTÃO (*Capsicum annum* L.) PELO
MÉTODO DO BALANÇO HÍDRICO

CARLOS ALBERTO DE MAGALHÃES

Dissertação submetida a Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

FORTALEZA - 1982

Esta dissertação foi apresentada como parte dos requisitos necessários à obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Agrícola, autorgado pela Universidade Federal do Ceará, e se encontra à disposição dos interessados na Biblioteca Central da referida Universidade.

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

CARLOS ALBERTO DE MÁGALHÃES

DISSERTAÇÃO APROVADA EM

07/04/82

Paulo Teodoro de Castro
Orientador da Dissertação

Moisés Custódio Saraiva Leão

Alexandre R. da Costa Lima

A meus pais e a minha esposa

DEDICO

Agradeço:

- À Empresa de Pesquisa Agropecuária do Ceará (EPACE)
pela oportunidade concedida;

- À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)
pelo apoio financeiro;

- Ao Dr. Paulo Teodoro de Castro, orientador e amigo;

- Aos colegas do Curso de Engenharia Agrícola;

- Ao Dr. Augmar Drumond Ramos pela cooperação para
o estudo de solo;

- Aos operários de campo que nos ajudaram no desenvolvimento deste trabalho;

- A todos que direta ou indiretamente contribuíram
para a realização deste trabalho.

S U M Á R I O

	Pág.
1 - INTRODUÇÃO	1
2 - REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 - Evapotranspiração	3
2.2 - Métodos de Estimativa de Evapotranspiração	7
3 - MATERIAIS E MÉTODOS	11
3.1 - Balanço Hídrico	11
3.1.1 - Local	14
3.1.2 - Solo	14
3.1.3 - Cultura e Práticas Culturais	18
3.1.4 - Procedimento para Determinação das Compo nentes do Balanço Hídrico	19
a. Variação do Armazenamento de Água do solo (ΔA , mm)	19
b. Tensiômetros	19
c. Curvas de Retenção de Umidade	19
d. Umidade do Solo, (θ)	20
e. Armazenagem (Δ , mm)	20
f. Drenagem Profunda (Q_L , mm)	21
g. Precipitação e Deflúvio Superficial (P e R em mm)	22
h. Medida Direta da Intensidade de Evapo ração (ECA, mm.dia ⁻¹)	22
i. Estimativa da Evapotranspiração Real (E, mm)	22
4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES	23
4.1 - Balanço Hídrico	23
4.2 - Coeficiente de Cultura	25
5 - CONCLUSÕES	27
6 - ABSTRACT	31
7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

LISTA DE TABELAS

	Pág.
TABELA 1 - Características Químicas do Solo em estudo	16
TABELA 2 - Características Físicas do Solo em Estudo - Composição granulométrica	17
TABELA 3 - Valores das componentes do balanço hídrico; percentual de Perdas por drenagem profunda e evapotranspiração durante o período em estudo, (60 dias) em Pimentão (<i>Capsicum annum</i> , L.)	28
TABELA 4 - Valores utilizados na análise de regressão linear e K_c	29
TABELA 5 - Valores de evapotranspiração potencial (ETP) e evapotranspiração real (E) para os intervalos estudados.....	30

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

	Pág.
FIGURA 1 - Retas de Regressão Linear para o 3º estágio de desenvolvimento da cultura	36
FIGURA 2 - Variação das Componentes do Balanço Hídrico durante 60(sessenta) dias em pimentão (<i>Capsicum annum</i> , L.)	37
FIGURA 3 - Valores do Coeficiente de Cultura (K_c) para o terceiro e quarto estágios de desenvolvimento e o valor médio. (Comparativo entre o recomendado, PRUITT e o encontrado neste trabalho).....	38
FIGURA 4 - Retas de Regressão Linear para todo o ciclo da cultura	39
FIGURA 5 - Retas de Regressão Linear para o 4º estágio de desenvolvimento da cultura	40

R E S U M O

Este trabalho objetiva o estudo dos principais problemas que ocorrem na estimativa da evapotranspiração real em cultura de pimentão (Capsicum Anuum L.) cultivado em um podzólico-vermelho-amarelo A, localizado no Município de Guaramiranga, Estado do Ceará, através da aplicação da Lei da Conservação das massas em um volume de controle de solo.

Os dados de evapotranspiração real obtidos através do balanço hídrico, foram correlacionados com os de evapotranspiração potencial, estimada a partir da evaporação do tanque "classe A", visando a obtenção de um coeficiente que possibilite a estimativa da evapotranspiração da cultura, utilizando apenas o tanque de evaporação.

Esse coeficiente é denominado coeficiente de cultura (K_c); foi determinado no terceiro e quarto estágios de desenvolvimento da planta, equivalente aos últimos sessenta dias do ciclo.

O valor médio encontrado para este período foi de 0,83, que pode ser considerado básico para fins de irrigação da cultura na região estudada.

1 - INTRODUÇÃO

A horticultura é dentro da agricultura um segmento de alta rentabilidade econômica. A primazia dada pelos produtores a este ramo da agricultura, deve-se ao fato dos produtos hortícolas têm bons preços no mercado e bom grau de tecnologia para sua exploração ao alcance dos mesmos.

A situação de relevo que os produtos olerícolas mantêm hoje dentro da agricultura, prende-se ao alto consumo que os mesmos atingiram, principalmente por parte das populações dos grandes centros urbanos. Este consumo advém do fato de serem as hortaliças uma grande fonte de vitaminas e sais minerais, necessários ao desenvolvimento humano e a preços relativamente baixos. Dentre as hortaliças mais usadas na dieta alimentar das populações da região, destacam-se em importância econômica: tomate, cenoura, pimentão, beterraba, etc. O pimentão é hoje cultivado no Ceará, nas regiões serranas da Ibiapaba e Baturité, além do cinturão verde de Fortaleza.

Nestas regiões, a cultura é conduzida com um bom conhecimento das técnicas agrônômicas no que se relaciona ao uso de sementes selecionadas, adubação, tratamentos fitossanitários.

No que diz respeito ao uso racional da água, ainda não se dispõe de informações em bases científicas sobre o melhor aproveitamento deste recurso.

Como a escassez de água de chuvas pode ocasionar perdas significativas na produção da cultura, procura-se suprir esta deficiência, através do uso da irrigação, um dos principais elementos na composição dos custos finais do pimentão.

Uma das exigências para o êxito da técnica de irrigação é o conhecimento da demanda hídrica da cultura. Para

o conhecimento desta demanda, existem alguns métodos que permitem a determinação direta da evapotranspiração real ou sua estimativa a partir da evapotranspiração potencial por meio de coeficientes apropriados, chamados coeficientes de cultura, os quais são em função da cultura em observação.

Os objetivos principais deste trabalho, são analisar os problemas envolvidos na determinação direta da evapotranspiração real em cultura do pimentão pelo método do balanço hídrico e determinar o coeficiente de cultura que permita a estimativa da evapotranspiração real da cultura a partir da evapotranspiração potencial de um tanque "Classe A".

2 - REVISÃO DE LITERATURA

2.1 - Evapotranspiração

O termo evaporação, define dois processos distintos, cuja diferença é necessária e oportuna.

Quando a água de um reservatório ou de um solo úmido evapora-se, e este processo é regido somente por leis físicas, têm-se então a evaporação.

Se a evaporação é feita através de uma planta, fenômenos biológicos limitam a ação das leis físicas; a este processo reserva-se o termo de transpiração. Quando ambos os processos ocorrem simultaneamente, como ocorre em um solo cultivado, utiliza-se o termo evapotranspiração.

A perda de água do solo por evaporação ou por transpiração através das plantas, é um parâmetro importante no ciclo hidrológico, especialmente em áreas cultivadas.

Centenas de gramas de água precisam ser absorvidas a fim de que a planta possa absorver uma grama de nutriente do solo. Por esta razão a transpiração é chamada de evaporação produtiva contrastando com a evaporação do solo, denominada evaporação não produtiva.

A evaporação da água pela superfície do solo do ponto de vista quantitativo é de grande importância.

PETERS (1960) verificou que a perda de água por evaporação do solo pode alcançar até 50% da evapotranspiração, durante o ciclo vegetativo normal de uma cultura.

LEMON (1956) dividiu o processo de evaporação de um solo desnudo em três estágios: o primeiro é caracterizado por apresentar uma velocidade de evaporação (E) constante e independente da umidade do solo; as condições reinantes na atmosfera junto ao solo, tais como energia radiante, velocidade do vento, temperatura e umidade do ar influenciam a evaporação. Este estágio termina quando se estabelece uma resistência ao fluxo da água na superfície do solo e a velo

cidade de evaporação deixa de ser constante, decrescendo com o tempo. No segundo estágio a velocidade de evaporação (E) é uma função linear da umidade média do perfil do solo (θ_m) e as condições reinantes na atmosfera junto ao solo não são mais de importância fundamental. As condições intrínsecas do solo governam o transporte da água no perfil e conseqüentemente a velocidade de evaporação.

O terceiro e último estágio caracteriza-se pela função que correlaciona E com θ_m começar a perder a linearidade. Neste estágio o movimento de água é bastante lento decorrente da baixa condutividade hidráulica do solo, principalmente na fase do vapor.

REICHARDT (1968) utilizando a técnica da atenuação da radiação gama, estudou o processo de evaporação de água em solos arenosos, do grupo Podzólico, Vermelho-Amarelo. A partir deste trabalho verifica-se que o primeiro estágio do processo de evaporação da água do solo é tanto mais demorado, quanto menor for a velocidade de evaporação (E). Em conseqüência, baixas velocidades de evaporação esgotam mais a água do solo. No terceiro estágio da evaporação, o fluxo d'água é bastante lento e uma fração considerável deste fluxo dá-se na forma de vapor. O processo principal responsável pelo movimento de vapor é o de difusão, devido a gradientes de tensão de vapor ou da umidade atual.

A transpiração é um processo fundamental ao desenvolvimento do vegetal e ocorre principalmente através dos estômatos.

A água presente na solução do solo, penetra na planta através das raízes. No interior da planta atravessa o córtex alcançando o xilema da raiz, sendo então transportada para as folhas.

Das terminações finais do xilema foliar a água ainda no estado líquido desloca-se através de 2 ou 3 células do mesófilo até os locais de evaporação, difundindo-se para a atmosfera na forma de vapor, por meio dos estômatos.

Estas vias de translocação definem o continuum solo-planta-atmosfera. O transporte de água através deste continuum, ocorre essencialmente como resultado de uma progressiva redução do potencial hídrico ao longo do sistema.

A taxa de transporte de água no entanto não é determinada somente pelo gradiente de potencial hídrico, mas também pelas resistências presentes em cada fase do sistema.

VAN DEN HONERT (1948) estabeleceu uma analogia entre o fluxo de água no continuum, solo-planta-atmosfera e o fluxo de eletricidade através de um circuito, levando em conta a lei de Ohm.

BOYER (1969), tornou patente que o sistema radicular se constitui no órgão vegetal que maior resistência oferece a translocação de água no estado líquido. - JARVIS (1975) trabalhando em traqueídeos de coníferas determinou que o fluxo de água através dos vasos do caule é laminar, sendo as resistências aí existentes, mínimas. A ocorrência de vias de translocação com resistências tão baixas permitiu a separação entre raiz e folhas por distâncias de até vários metros.

RAWLINS (1963) observou a ocorrência de considerável resistência no movimento de água nas lâminas foliares de fumo.

BEGG e TURNER (1970) trabalhando também com fumo, constataram uma diferença de potencial hídrico de 5,5 bar entre a lâmina foliar e o caule, atribuindo esta alteração à resistência da folha.

Com relação aos valores das resistências ao movimento de água no estado líquido, BOYER (1971) encontrou a seguinte distribuição relativa para a raiz, caule e folhas em feijão: 2:1:1,5.

Desde que as resistências de raiz e lâmina foliar variam com a taxa de transpiração, essas relações assumem im-

portância limitada. Considerando-se todo o sistema solo-planta-atmosfera, que apresenta o movimento de água no estado líquido e de vapor, verificamos que a maior resistência, encontra-se na fase gasosa, onde os estômatos estrategicamente localizados, controlam a velocidade de fluxo através de todo o sistema.

A evaporação potencial (E_p) de um solo de acordo com BERNARD (1956), é a máxima perda d'água que um solo pode sofrer, quando submetido a determinadas condições meteorológicas. Não havendo suficiente disponibilidade de água, a evaporação deixa de ser potencial, passando a ser chamada evaporação real (E): De uma maneira geral pode-se dizer que $E < E_p$.

Durante o primeiro estágio de evaporação, ocorre a evaporação potencial, que pode ser estimada conhecendo-se a energia disponível. Vários autores tem proposto fórmulas teórico-empíricas para seu cálculo, destacando-se PENMAM (1948), (1956a.) e (1956b.) e THORNTWAITE (1948). No Brasil, destacam-se os trabalhos de VILLA NOVA (1973), BARROS FERRAZ (1972), CRUCIANI (1972) e REICHARDT *et alii* (1974).

A evapotranspiração engloba os dois processos que ocorrem simultaneamente. GANGOPADHYAYA (1966) afirma que a soma dos dois processos determinada separadamente não equivale a estimativa da evapotranspiração, sendo mais acertado considerá-la como uma perda global de água.

Várias fases compõem a evapotranspiração:

a) fluxos de água no perfil do solo em direção as raízes; b) fluxo do sistema radicular ao interior da planta e folhas; c) remoção do vapor d'água por fluxos turbulentos. Partindo desta premissa, THORNTWAITE (1948), citado por THORNTWAITE e HARE (1964), introduziu o conceito de evapotranspiração potencial, como sendo "a perda de água de uma superfície de solo úmido, completamente coberta por vegetação, suficientemente grande para tornar desprezível o efeito de oasis.

PENMAM (1956), define transpiração potencial como sendo a quantidade de água transpirada por unidade de tempo por uma cultura de porte baixo e altura uniforme, cobrindo totalmente o solo em condições ótimas de umidade.

2.2 - Métodos de estimativa de evapotranspiração

TANNER (1968) agrupa em três classes principais, os métodos de estimativa de evapotranspiração: métodos micrometeorológicos, métodos de balanço hídrico e métodos empíricos.

Os métodos micrometeorológicos e de balanço hídrico, possuem fase física racional, enquanto que os métodos empíricos têm seus resultados corrigidos em função dos dois primeiros.

Os métodos micrometeorológicos são os mais precisos, possibilitando inclusive medidas com intervalo de 2 a 3 minutos; necessitam porém para sua aplicação, de instrumental sofisticado e pessoal especializado, além de uma superfície homogênea e grande para sua utilização.

Os métodos do balanço hídrico dividem-se em dois principais: a) o que utiliza lisímetros para a estimativa dos processos envolvidos no balanço; e b) método em que a estimativa é feita diretamente num volume de controle de solo.

O método do lisímetro é o mais preciso dos dois, no entanto o seu emprego envolve uma série de obstáculos ligados principalmente à dificuldades de construção e instalação que podem modificar as propriedades físicas do solo e o meio ambiente normal das plantas do lisímetro em relação as condições que o rodeiam (SLATYER, 1967; BARRADA, 1971; VIETS JÚNIOR, 1976).

O método utilizado neste trabalho é o do balanço hídrico em um volume de controle de solo e tem sido apresentado por vários autores (ROSE e STERN, 1966; ROSE, 1966; SLATYER, 1967; BARRADA, 1971; REICHARDT, 1975). São suas componentes principais: precipitação, irrigação, escoamento superficial, percolação profunda, variação do armazenamento de água do solo e evapotranspiração, apresentadas numa

forma integral ou diferencial em uma equação geral de balanço de massas. A determinação das componentes do balanço é feita através de técnicas e meios diferentes; precipitação e irrigação são as mais facilmente determinadas, através de pluviômetros e/ou pluviográficos e pelo controle de água de irrigação respectivamente (ROSE, 1966; SLATYER, 1967; REICHARDT, 1975).

O erro envolvido na determinação destas duas componentes, varia de 1 a 5%, desde que técnicas apropriadas sejam empregadas (DOWNEY, 1972).

O escoamento superficial é medido através de técnicas e estruturas apropriadas para tal fim, mas às vezes devido ao volume d'água envolvido, medidas diretas tornam-se difíceis (ROSE, 1966), obrigando o emprego de técnicas alternativas para sua avaliação. Assim CRUCIANI (1972) comparou os dados de intensidade de precipitação pluvial obtidos de um pluviógrafo com os dados de capacidade de infiltração do solo, obtidos de um infiltrômetro MUNTZ modificado, enquanto que PEREIRA *et alii*, (1974) o consideraram nulo em função das condições topográficas da área em estudo (Declividade inferior a 3%).

A componente armazenamento de água pelo solo, é determinada a partir da integração de perfis de umidade do solo. Estes são obtidos gravimetricamente (VAN BAVEL *et alii*, 1967), pela moderação de neutros (BARROS FERRAZ, 1967; REICHARDT *et alii.*, 1974) ou pela combinação dos dois (STONE *et alii.*, 1973.b, e SAXTON *et alii.*, 1974). O erro que ocorre nas medidas de umidade está ao redor de 10%, devido às determinações de densidade do solo (TAYLOR, 1961, citado por DOWNEY, 1972).

A componente do balanço hídrico que apresenta grandes dificuldades em sua determinação, é a drenagem profunda, motivo pelo qual tem sido freqüentemente negligenciada e incluída como parte do armazenamento ou evapotranspiração (ROSE, 1967).

BLACK et. alii. (1970a, 1970.b) determinaram a drenagem profunda em solos nus e cobertos de vegetação através da equação de Darcy e por meio de lisímetros, verificando que o primeiro apresentou resultados superiores em 11% em relação ao segundo.

VACHAUD et. alii (1973), STONE et. alii (1973a e b) e REICHARDT et. alii (1974) afirmam que esta componente do balanço hídrico, não deve ser desprezada, pois em determinados casos, podem constituir 30% ou mais do balanço hídrico total, principalmente em regiões de clima tropical.

Embora que, todas as componentes do balanço hídrico sejam determinadas, outra fonte de erros, segundo JENSEN (1967), é o intervalo de tempo considerado para o balanço. Segundo o mesmo autor, erros de 15 a 30% podem ocorrer nas estimativas de evapotranspiração para intervalos de 3 a mais dias.

LUCHIARI JUNIOR (1978), informa que o erro envolvido nas determinações da evapotranspiração em feijão das secas é menor que o nível mínimo citado por JENSEN (1967) adotando um intervalo de tempo de 7 dias.

Dos métodos empíricos, o uso de tanque de evaporação, como índice de evapotranspiração potencial das culturas é o método de mais larga utilização, principalmente em locais de condições advectivas relativamente uniformes durante a época do desenvolvimento das culturas (HEARGREAVES, 1974).

Para a determinação da estimativa da evapotranspiração atual das culturas, os valores da evapotranspiração potencial devem ser corrigidos por coeficientes específicos chamados de coeficientes de cultura, (JENSEN et. alii, 1970, HEARGREAVES, 1974).

PRUITT (1975), faz considerações sobre os fatores que alteram estes coeficientes, citando como principais os seguintes: características específicas de cada cultura, época de plantio, taxa de crescimento relativo, duração da es-

tação de crescimento, condições climáticas predominantes durante o início de desenvolvimento da cultura, frequência de chuva e irrigação.

A determinação do coeficiente de cultura, pelo método do balanço hídrico num volume de controle de solo e do Tanque "Classe A" foi realizada por CRUCIANI (1972) para a cana-de-açúcar, que considerou 3 estágios do ciclo da cultura; o primeiro de 2 a 6 meses; o segundo de 6 a 12 meses; e o terceiro de 12 a 16 meses. Obteve os valores respectivos de 0,42, 0,76 e 0,79.

KRENTOS *et. alii* (1974) pelo mesmo método determinaram para a cultura de alfafa irrigada os coeficientes de cultura, obtendo valores maiores que a unidade nos meses de verão e de 0,7 a 0,8 para o inverno e período frios.

LUCHIARI JÚNIOR (1978) e CASTRO (1979) obtiveram valores de 0,88 e 0,75 para as culturas de feijão e milho respectivamente através do método do balanço hídrico em volume de controle de solo e do tanque "Classe A", STONE *et. alii* (1977). Trabalhando com feijão em latossolo vermelho-amarelo de textura franco-argilosa determinaram um coeficiente de cultura médio para um ciclo de 75 dias de 0,76.

PRUITT *et. alii* (1972) afirmam que num balanço hídrico para fins agrometeorológicos deve-se levar em conta que a taxa de evapotranspiração de uma cultura (ET_r), aumenta com o incremento do índice de área foliar e em consequência o aumento de cobertura do solo pela vegetação até valores que atingem 1,2 vezes o valor da ETP de um gramado e que as variações desta razão ET_r/ETP durante o ciclo vegetativo são praticamente universais, bastando pequenos ajustes locais de ordem fenológicas.

3 - MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 - Balanço Hídrico

O Balanço Hídrico num determinado volume de solo, de profundidade Z , de 0 a L , durante um intervalo de tempo Δt , tem sua equação fundamentada na lei da conservação das massas. Escrevemos abaixo esta equação, com todos os seus membros, que mostra que a soma algébrica das quantidades de água que entram (+) e que saem (-) do elemento de volume de solo estudado, é igual a variação da quantidade de água (ΔA) nele armazenada no intervalo de tempo $T_2 - T_1$:

$$\int_{T_1}^{T_2} p dt + \int_{T_1}^{T_2} i dt - \int_{T_1}^{T_2} e dt + \int_{T_1}^{T_2} Q_1 dt - \int_{T_1}^{T_2} r dt = \int_0^L \frac{\alpha \theta}{\alpha Z} dt dz \quad (1)$$

Os elementos: p , i , e , Q_1 e r representam os fluxos [LT^{-1}] de precipitação, irrigação, evapotranspiração, percolação profunda em $Z = L$ e escoamento superficial respectivamente. θ Representa a umidade do solo em cm^3 de água por cm^3 de solo. Fazendo-se uma análise das integrais do primeiro elemento da equação (1) verificamos que as duas primeiras (a) e (b) representam as quantidades de água que chegam à superfície ($Z = 0$) do volume de controle, nas formas de precipitação ou chuva (P) e irrigação (I) respectivamente, ou seja:

$$\int_{T_1}^{T_2} p dt = P \dots\dots\dots (2)$$

$$\int_{T_1}^{T_2} i dt = I \dots\dots\dots (3)$$

O termo (C), refere-se a quantidade de água que sai do volume de controle em ($Z=0$), devido a evaporação do solo, somado à transpiração vegetal, chamado evapotranspiração (ET_r), isto é:

$$- \int_{T_1}^{T_2} e dt = ET_r \dots\dots\dots (4)$$

A integral (d) representa a quantidade de água (Q_1) que entra ou sai pelo limite inferior do volume de controle ($Z=L$), sendo chamada de drenagem profunda se negativo e ascensão capilar, se positivo, ou seja:

$$\pm \int_{T_1}^{T_2} q_1 dt = \pm Q_L \dots\dots\dots (5)$$

Através da equação de Darcy estima-se o fluxo Q_1 , aplicando-se a referida equação ao movimento vertical de água no solo, na seguinte forma:

$$Q_L = - K(\theta) \left(\frac{\partial \psi}{\partial z} \right)_L \dots\dots\dots (6)$$

Onde:

$K(\theta)$ = condutividade hidráulica do solo $[LT^{-1}]$,
 que é função do potencial matricial da água no solo $[L]$.
 $\left(\frac{\partial \psi}{\partial z} \right)$ = Gradiente do Potencial total da água Ψ na profundidade $Z = L$.

O potencial total da água Ψ é a soma das componentes matricial ϵ e gravitacional z .

O sentido de Q_1 é dado pelo sinal do gradiente de potencial em $Z = L$, daí a origem dos sinais (+) e (-) da equação (5), que indicam que Q_L pode ser ascendente ou descendente.

Voltando a descrição das componentes do primeiro membro da equação, chegamos ao último termo, isto é:

$$- \int_{T_1}^{T_2} r dt = -R \dots \dots \dots (7)$$

O termo R, representa parte da quantidade de água que chega a superfície do solo ($Z = 0$) sob a forma de chuva (P) que não infiltra no volume de controle de solo, escorrendo superficialmente. Esta componente denomina-se deflúvio superficial (R) e depende da capacidade atual do solo em permitir a infiltração e o armazenamento de água; depende também, da intensidade e quantidade da precipitação, bem como da declividade do terreno.

O segundo membro da Equação (1), é:

$$+ \int_0^L \int_{T_1}^{T_2} \frac{\partial \theta}{\partial z} dt \cdot dz = + \Delta A \dots \dots \dots (8)$$

Este membro indica que o somatório das variações do conteúdo de umidade do solo (θ), no Intervalo de tempo ($T_2 - T_1$), integradas ao longo da profundidade de 0 a L, é igual a variação da quantidade de água armazenada pelo solo (ΔA), ocorrida no mesmo intervalo de tempo. Esta componente do Balanço Hídrico (ΔA), pode ser positiva ou negativa, de acordo com a magnitude dos outros termos da equação (1).

Os termos ΔA , P, I, E, Q_L e R têm dimensões de comprimento [L] e desde que expressas no mesmo sistema de unidades, pode-se escrever a equação (1) na forma integral:

$$P + I + Q_L - R + \Delta A = E \dots \dots \dots (9)$$

A Equação (9) é a mais comumente empregada no estudo do Balanço Hídrico. É necessário no entanto para sua

aplicação em solos cultivados, que a profundidade (L) do elemento de volume de solo, confine a zona efetiva do sistema radicular da cultura em estudo.

3.1.1 - Local

O presente experimento foi conduzido em área experimental, pertencente a Empresa de Pesquisa Agropecuária do Ceará - EPACE, localizada no sítio Batalha, município de Guaramiranga, Estado do Ceará com parcelas medindo 12m^2 e repetidas quatro (4) vezes.

As coordenadas geográficas do local, são:

LATITUDE = $4^{\circ}17'S$
 LONGITUDE = $39^{\circ}00'W$
 ALTITUDE = 872 m

O município apresenta as seguintes características climáticas:

Temperatura Média Anual = $20,6^{\circ}\text{C}$
 Precipitação Média Anual = 1.691mm
 Umidade relativa média anual = 88%.

3.1.2 - Solo

Podzólico-Vermelho-Amarelo A, moderado, textura franco-arenosa, fase floresta subperenifólia.

Pré-cambriano, granito. O material de origem é de decomposição do granito.

PERFIL:

- A_{11} - 0-10 cm = Areia franca; moderada pequena e média granular e fraca pequena, blocos sub-angulares; transição clara e plana.
- A_{12} - 10-32cm = Areia franca com cascalho; fraca, pequena e média granular, blocos subangulares: transição clara e plana.

- A₂ - 32-58cm = Areia franca com cascalho; massiva; transição abrupta e descontínua.
- B_{2t} - 58-78cm = Areia franca, moderada média e grande prismática; transição clara e plana.
- C - 78-90cm = Material semi-intemperizado do granito.

As características físicas e químicas desse solo, determinadas pelo laboratório de solos do Departamento de Engenharia Agrícola e Edafologia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, encontra-se nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

TABELA 1 - Características Químicas do Solo em Estudo

PROFUNDIDADE (cm)	% De Carbono	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	M ⁺ + Al ³⁺	Al ³⁺	(pH)
0 - 25	0,918	2,70	1,80	0,06	0,49	3,30	0,24	5,30
25 - 50	0,234	1,90	1,80	0,05	0,14	1,32	0,26	5,70
50 - 80	0,246	3,90	2,10	0,15	0,05	1,65	0,23	6,00

TABELA 2 - Características Físicas do Solo em Estudo - Composição granulométrica.

Camadas (cm)	Areia %	Silte %	Argila	Classificação Textural	Densidade Aparente g/cm ³
0 - 25	78,0	12,2	9,8	F. Arenosa	1,61
25 - 50	78,9	11,5	9,6	"	1,64
50 - 80	70,5	10,6	18,9	"	1,69

3.1.3 - Cultura e Práticas Culturais

A cultura utilizada para a realização deste estudo, foi o pimentão, planta da família *Solanaceae*, gênero *capsicum* e espécie *Capsicum annum*, L. Utilizou-se a variedade doce quadrado (KADA), ciclo médio de 120 dias com 83 a 90% do sistema radicular situado até a profundidade de 30cm.

Na preparação da área, foram realizadas as operações de desmatamento e limpeza, aração e gradagem, marcação e coveamento, além da adição e incorporação nas covas de esterco de gado, visando a melhoria das características físicas do solo.

A semeadura foi feita em copos de papel no dia 17 de agosto de 1981; após 25 dias de realizado o plantio, transplantou-se para o local definitivo em área próxima a sementeira. Tomou-se o cuidado de realizar-se uma irrigação na sementeira, antes do plantio com o fim de deixar-se o bloco de solo agregado as raízes das plantas.

A operação de transplante foi conduzida em dia nublado, apresentando-se após 3 dias com 95% de pega, ocasião em que foi feito o replantio.

O espaçamento usado foi de 1,00m entre linhas e 0,50m entre plantas. Por ocasião do plantio realizou-se a adubação de fundação na proporção de 40 kg de N/ha; 200 Kg P_2O_5 /ha e 60 Kg de K/ha, de acordo com a análise química da área.

Durante o desenvolvimento das plantas, foram feitas pulverizações sistemáticas quinzenais de Dithane + Manzate ($15cm^3 + 15cm^5$ em 20 l de H_2O), como preventivo contra doenças fúngicas.

Decorridos 60 dias, teve início a floração e aos 30 e 60 dias após o transplante foram realizadas adubações de cobertura com uréia na proporção 40 kg de N/ha. No dia 27 de outubro de 1981, procedeu-se a operação de tutoramento das plantas em desenvolvimento. As irrigações foram feitas

quando a coluna de mercúrio dos tensiômetros atingiam 15 cm de altura, o que correspondia a uma tensão de 0,20 atm, o que em geral, ocorreu de 48 em 48 horas. As colheitas realizadas em 4 etapas, tiveram início no dia 21/11/81, encerrando-se para fins deste trabalho no dia 13/12/81.

3.1.4 - Procedimento para Determinação das Componentes do Balanço Hídrico.

No presente estudo foi considerado um elemento de volume de solo de profundidade $L = 30\text{cm}$, no qual foram feitas as determinações das diversas componentes do balanço hídrico.

a. Variação do Armazenamento de Água do Solo ($\Delta A, \text{mm}$)

A componente variação da armazenagem de água do solo, foi estimada, partindo-se de perfis consecutivos de umidade do solo, θ ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$), obtidas indiretamente, através de leituras dos tensiômetros instalados no local.

b. Tensiômetros: Foram colocadas 4 baterias, com 2 tensiômetros, situados a duas profundidades, 15 e 30cm, respectivamente. O potencial matricial foi calculado, através da fórmula:

$$(\xi) = - 12,6 h_z + h_c + z, \text{ onde:}$$

h_z = Leitura do tensiômetro (cm Hg), instalado a profundidade Z ;

h_c = Altura do nível de mercúrio na cuba em relação a superfície do solo (cm);

z = Profundidade de Instalação do tensiômetro (cm).

c. Curvas de Retenção de Umidade = Foi confeccionada uma curva de retenção de água do solo, para cada profundidade de instalação dos tensiômetros.

Na elaboração destas curvas, foram retiradas duas amostras de solo (para cada profundidade) com estrutura não

deformada, em uma trincheira, próxima a área experimental, utilizando anéis de alumínio. As amostras foram colocadas em câmaras de pressão de Richards e submetidas às pressões de: 0,03; 0,05; 0,07; 0,10; 1/3; 0,80; 1,00 e 1,5 atmosferas. A umidade θ , correspondente a cada potencial matricial, foi determinada pelo método gravimétrico, através da equação:

$$\theta = \left(\frac{m_u - m_s}{m_s} \right) \cdot \frac{m_s}{v} = \frac{m_u - m_s}{v} \dots \dots \dots (10)$$

θ = Umidade do solo em volume ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$)

m_u = Massa úmida (g)

m_s = Massa seca (g), após 48 horas em estufa a 105°C

v = Volume do anel voluntário (cm^3)

d. Umidade do solo, θ = partindo-se dos valores do Potencial matricial (ξ) obtidos das leituras dos tensiômetros e da curva característica para cada profundidade ($\xi \times \theta$), obtiveram-se os valores correspondentes de θ .

e. Armazenagem = (A, mm) Na estimativa do armazenamento (A) hídrico do perfil do solo foi usada a fórmula:

$$A = \int_L^0 \theta dz \approx \bar{\theta} \times L \dots \dots \dots (11)$$

Onde:

$\bar{\theta}$ = Umidade média do perfil (Q_e 0 a L)

L = Profundidade do Perfil (cm)

Nestas condições, a correlação de armazenamento num intervalo de tempo $t_2 - t_1$, foi obtida através da fórmula:

$$\Delta A = 10 \cdot \left[\bar{\theta}_2 - \bar{\theta}_1 \right] \times L \dots \dots \dots (12)$$

ΔA = Variação da Armazenagem (mm)

$\bar{\theta}_2$ = Umidade Média do Perfil (volume), $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ no instante t_2

$\bar{\theta}_1$ = Umidade Média do Perfil (volume), $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ no instante t_1

L = Profundidade do Perfil (cm).

f. Drenagem Profunda: (Q_1 , mm).

O cálculo da drenagem profunda no limite inferior (22,5 cm) do volume de solo considerado, foi feito, através da equação de Darcy (Eq. 6), na qual os valores da condutividade hidráulica em $Z = 22,5\text{cm}$, em cm/dia para os diversos valores de θ , nesta profundidade, foram obtidos pela expressão:

$$K(\theta) = \text{Exp. } 27,20 (3,3447 \bar{\theta} - 1) \dots\dots\dots (13)$$

Elaborada por ARAGÃO JUNIOR et. alii. (1981).

A determinação do gradiente de potencial total em $Z = 22,5 \text{ cm}$ ($\frac{\partial \Psi}{\partial z} \Big|_{22,5}$), foi assim calculada:

$$\frac{\partial \Psi}{\partial z} \Big|_{22,5} \approx \frac{\Delta \Psi}{\Delta z}_{22,5} = -12,6 \frac{\bar{h}_{15} - \bar{h}_{30}}{15} \dots\dots\dots (14)$$

Onde:

$\Delta \Psi$ = Diferença de Potencial total, entre $z = 15$ e $z = 30\text{cm}$

Δz = Distância vertical entre os tensiômetros ($30-15 = 15\text{cm}$)

\bar{h}_{30} e \bar{h}_{15} = Média das leituras dos tensiômetros instalados nas profundidades de 30 e 15cm, respectivamente.

Substituindo-se as equações (13) e (14) na Equação (6), calculou-se o fluxo de drenagem profunda em $Z = 30\text{cm}$, pela expressão:

$$Q_{L22,5} = 10 \cdot \text{EXP.} 27,20 (3,3447 \bar{\theta} - 1) \cdot \frac{-12,6(\bar{h}_{15} - \bar{h}_{30})}{15} =$$

$$Q_{L22,5} = \dots\dots\dots (15)$$

Esta equação (15) integrada para um determinado período de tempo (em dias) nos dá a drenagem profunda ($Q_{L22,5}$) em mm que ocorreu neste intervalo.

g. Precipitação e Deflúvio Superficial (P e R em mm)

Durante o desenvolvimento deste trabalho, não houve precipitação, devido nesta época do ano não ser estação chuvosa. Em assim sendo, também foi negligenciada a componente deflúvio superficial (R, mm) por motivos óbvios, além do local do experimento não apresentar quase nenhuma declividade.

h. Medida Direta da Intensidade de Evaporação (ECA, mm.dia⁻¹)

Este parâmetro meteorológico, fôï medido diariamente às 8:00 horas, em um tanque "Classe A", instalado junto ao experimento, em área gramada, distando para o obstáculo mais próximo (árvores), 120 metros.

A irrigação da área experimental foi realizada manualmente, através de aguadores de 8,0 litros, sempre que a coluna de mercúrio atingia 15 cm de altura nos tensiômetros, o que correspondia a uma tensão de 0,2 atm que representava a condição de umidade do solo próximo a capacidade de campo, conforme a curva característica determinada para o solo em questão.

i. Estimativa da Evapotranspiração Real (ET_r, mm)

Esta componente do balanço hídrico, foi estimada através do método do balanço hídrico, pela equação (9) depois de determinadas as demais componentes, de acordo com metodologias já anteriormente descritas.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Balanço Hídrico

A estimativa do balanço hídrico foi efetuada na cultura do pimentão, durante os últimos sessenta dias do ciclo da cultura, que correspondem ao 3º e 4º estágios de desenvolvimento, impossibilitado de realizar um balanço hídrico no primeiro e 2º estágio de desenvolvimento, devido aos tratamentos culturais usados na cultura na região, tais como o plantio em copos de papel com um substrato de solo com características diferentes das do solo do local definitivo.

Foram feitos balanços para quinze períodos com intervalos de 4 dias, com o intuito de minimizar os erros decorrentes do intervalo de tempo, considerado para o balanço hídrico.

Na Tabela 3, apresenta-se as componentes do balanço hídrico, para os períodos citados, determinadas de acordo com a metodologia descrita em materiais e métodos. A participação da drenagem profunda (Q_L , %) em termos percentuais e os valores médios por período, da evaporação do tanque "Classe A", podem ser também observados na referida tabela.

De acordo com JENSEN (1967), se se toma intervalos maiores que 5 dias para o estudo do balanço, os erros incidentes no balanço, decorrentes deste intervalo, são da ordem de 15%. LUCHIARI JUNIOR, sugere a redução do intervalo considerado nos estudos do balanço hídrico para menos de 7 dias, principalmente se as componentes P, I e R são nulas.

No presente trabalho, as componentes P e R são nulas, sendo pois fontes de erros, tão somente as componentes I, A e Q_L que pode ser obtida diretamente através da equação de Darcy.

A armazenagem (A, mm) foi estimada, a partir de perfis consecutivos de umidade do solo (θ , $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$) obtidos indiretamente através das leituras dos tensiômetros instalados na área e curvas de retenção de umidade determinadas para as duas profundidades estudadas. As leituras tensiométricas

tricas são médias de quatro repetições fornecendo portanto valores confiáveis.

A drenagem profunda (Q_L) para os vários períodos estudados, foi obtida, a partir da integração dos fluxos diários, calculados pela equação de Darcy. O somatório dos fluxos diários para obtenção da drenagem profunda do intervalo considerado, dá uma melhor avaliação desta componente do balanço do que se usar-se o fluxo médio de água, partindo-se da média dos valores de umidade e potencial total dos limites do intervalo.

Fazendo-se uma análise da Tabela 3, observa-se que a componente drenagem profunda (Q_L) não pode ser desprezada em estimativas de evapotranspiração, pois representa durante os períodos estudados perdas de 12% (média), assumindo valores que variaram de 0,15% até 43%.

REICHARDT *et. alii.* (1974) afirmam que a drenagem profunda (Q_L) é importante nos estudos de balanço hídrico em solos tropicais. Também VACHAUD *et. alii.* (1973) mostram que essa componente deve ser levada em consideração para o balanço d'água em culturas agrícolas, principalmente em solos de região com clima tropical.

A componente Irrigação (I, mm) é responsável pelo menor erro, uma vez que houve um bom controle na distribuição do volume d'água aplicado e do tempo de irrigação.

A variação das diversas componentes do balanço hídrico, durante os sessenta dias estudados é mostrada na Figura 2.

Observando-se a Fig. 2, verifica-se que os valores de evapotranspiração real (ET_r) e evapotranspiração potencial (ETP), estimada em função da evaporação do tanque "Classe A", apresentam uma mesma tendência de variação ao longo dos períodos. Assim procedeu-se à análise de regressão linear, partindo-se de seus dados acumulados, os quais encontram-se na Tabela 4. As equações obtidas foram:

1. Para os estágios como um todo (60 dias):

$$ET_r = 11,88 + 3,87 t \rightarrow r = 0,997$$

$$ETP = 8,58 + 4,29 t \rightarrow r = 0,998$$

2. Para o 3º estágio (primeiros 40 dias)

$$ET_r = 5,11 + 4,24 t \rightarrow r = 0,998$$

$$ETP = 5,51 + 4,46 t \rightarrow r = 0,998$$

3. Para o 4º e último estágio (últimos 20 dias)

$$ET_r = 1,10 + 3,14 t \rightarrow r = 1,000$$

$$ETP = 1,24 + 4,05 t \rightarrow r = 0,999$$

Os altos valores de correlação (r) resultantes, mostram a possibilidade de se obter a evapotranspiração real, a partir da evapotranspiração potencial, estimada, partindo-se do tanque "Classe A".

4.2 - Coeficiente de Cultura (K_c):

O coeficiente de cultura (K_c) é definido a partir da relação:

$$K_c = \frac{ET_r}{ECA \cdot K_p} = \frac{ET_r}{ETP} \dots\dots\dots (16)$$

Sendo: ET_r = Evapotranspiração Real

ECA = Evaporação do tanque "Classe A"

K_p = Coeficiente de tanque, obtido pela metodologia proposta por DOORENBOS e PRUITT (1975) e recomendações da FAO (1975).

(Para as condições do experimento foi em média de 0,80).

ETP = Evapotranspiração potencial, estimada em função da evaporação do tanque "Classe A".

Substituindo-se na equação (16), os valores de ET_r , estimados através do balanço hídrico e ETP, cujos dados foram obtidos das leituras do tanque "Classe A", corrigidos pelo fator de tanque, determinou-se o coeficiente de cultura para cada intervalo, durante os períodos estudados.

Os valores de K_c , ET_r e ETP, podem ser observados na Tabela 4.

Partindo-se dos dados apresentados na Tabela 4, elaborou-se os gráficos da Fig. 3, comparando-se os valores encontrados para o terceiro e quarto estágio de desenvolvimento, bem como o valor médio para todo o ciclo da cultura com os valores determinados por PRUITT, para situação semelhante.

Segundo PRUITT, durante o 3º estágio, obtêm-se valores de K_c mais altos, caindo para valores mais baixos, próximo a colheita, o que caracteriza o 4º e último estágio de desenvolvimento. Este comportamento do K_c na cultura do pimentão, foi corroborado por este trabalho, conforme mostra o gráfico referido acima.

A variação do K_c com o tempo, apresenta-se de maneira irregular. Devido a esta variação, determinou-se então um coeficiente médio para o período considerado para o balanço, através da equação:

$$K_c = \frac{ET_r}{ETP} \dots\dots\dots (17)$$

$$ET_r = 11,88 + 3,87 t$$

$$ETP = 8,58 + 4,29 t$$

t = Intervalo acumulado em dias (de 4 a 60 dias).

Os dados acumulados de ET_r e ETP, usados para a confecção das retas de regressão linear, durante os sessenta dias do balanço hídrico, encontram-se na Tabela 4.

As retas resultantes das equações de regressão linear, acham-se na Fig. 4.

O coeficiente de cultura médio obtido neste estudo para a cultura do pimentão, foi 0,83. De acordo com as afirmações de PRUITT, o valor médio do K_c para a cultura do pimentão no terceiro e quarto estágios para a região é 0,85.

O presente trabalho portanto, fornece um coeficiente de cultura bem próximo ao determinado pelo citado autor.

5 - CONCLUSÕES :

Pelos resultados obtidos em função da metodologia empregada e pela análise e discussão apresentadas, pode-se concluir que:

- a) Na realização de trabalhos com balanço hídrico em um volume de controle de solo, em condições de campo, deve-se considerar e medir todos as componentes da equação do balanço, a fim de se evitar erros nas estimativas da evapotranspiração;
- b) A equação que descreve a evapotranspiração Real acumulada do pimentão, $E = 11,881 + 3,872t$, pode ser usada na estimativa deste parâmetro, desde que se tome períodos iguais ou superiores a 4 dias e em condições semelhantes às deste trabalho;
- c) A evapotranspiração real média da cultura do pimentão nos últimos sessenta dias de desenvolvimento, equivalentes ao 3º e 4º estágios, foi de $4,00 \text{ mm dia}^{-1}$;
- d) O coeficiente de cultura (K_c) obtido para o 3º e 4º estágios de desenvolvimento, foi 0,83, valor este que pode ser usado para estimar a evapotranspiração real do pimentão, a partir da evaporação média diária corrigida do tanque "Classe a"; e
- e) O coeficiente de cultura (K_c) em outros trabalhos semelhantes, com o pimentão, deve ser determinado para um maior número de dias, a fim de cobrir todo o ciclo da cultura, dando informações mais completas sobre as exigências hídricas no cultivo.

TABELA 3 - Valores das componentes do balanço hídrico; percentual de Perdas por drenagem profunda e evapotranspiração durante o período em estudo, (60 dias) em Pimentão (*Capsicum annum*, L.)

PERÍODO	D I A S	A (mm)	ΔA (mm)	I (mm)	ET_r (mm)	Q_L (mm)	Q_L (%)	E (%)
1	15 - 18/10.81	34,68	- 13,02	20	18,52	- 14,50	43,00	57,00
2	19 - 22/10.81	29,38	- 5,30	20	19,00	- 6,30	25,00	75,00
3	23 - 26/10.81	32,18	+ 2,80	20	16,00	- 1,20	7,50	92,50
4	27 - 30/10.81	27,68	- 4,55	20	23,05	- 1,50	6,50	93,50
5	31/10 - 03/11.81	29,36	+ 1,68	20	18,02	- 0,30	0,15	99,85
6	04 - 07/11.81	31,56	+ 2,20	20	16,50	- 1,30	7,30	92,70
7	08 - 11/11.81	36,76	+ 5,20	20	13,63	- 1,17	7,80	92,20
8	12 - 15/11.81	40,66	+ 3,90	20	15,36	- 0,74	0,45	99,55
9	16 - 19/11.81	34,76	- 5,90	20	16,10	- 9,80	30,00	70,00
10	23 - 23/11.81	38,66	+ 3,90	20	15,00	- 1,10	0,61	99,39
11	24 - 27/11.81	43,56	+ 4,90	20	13,65	- 1,45	9,06	90,94
12	28/11 - 01/12.81	50,26	+ 6,70	20	12,66	- 0,69	0,48	99,52
13	02 - 05/12.81	56,96	+ 6,70	20	12,32	- 0,98	0,72	99,28
14	06 - 09/12.81	59,56	+ 2,60	20	13,00	- 4,40	25,00	75,00
15	10 - 13/12.81	60,96	+ 1,40	20	15,50	- 3,10	16,00	84,00

TABELA 4 - Valores utilizados na análise de regressão linear e K_c . (Dados de campo)

t (dias)	E (mm)	ETP (mm)	K_c
4	18,52	19,18	0,96
8	37,50	39,42	0,93
12	53,52	57,82	0,87
16	76,57	80,00	1,03
20	94,59	100,08	0,90
24	111,09	117,48	0,95
28	124,72	131,08	1,00
32	140,08	147,08	0,96
36	156,18	164,26	0,94
40	171,18	180,92	0,90
44	184,43	198,00	0,80
48	197,49	215,68	0,72
52	209,81	230,12	0,85
56	222,81	246,80	0,78
60	238,31	267,12	0,76

$$ET_r = 11,881 + 3,872 t \quad r = 0,997$$

$$ETP = 8,586 + 4,297 t \quad r = 0,999$$

TABELA 5 - Valores de evapotranspiração potencial (ETP) e evapotranspiração real(ET_r) para os intervalos estudados.

INTERVALO	ETP(mm . dia ⁻¹)	ET _r (mm . dia ⁻¹)
1	4,79	4,63
2	5,06	4,75
3	4,60	4,00
4	5,35	5,54
5	5,00	4,50
6	4,35	4,01
7	3,40	3,25
8	4,00	3,80
9	4,30	4,10
10	4,16	3,75
11	4,27	3,42
12	4,42	3,17
13	3,61	3,08
14	4,17	3,25
15	5,08	3,90

6 - ABSTRACT

This paper purposes the study of the major problems involved in the estimation of the crop evapotranspiration in pepper (*Capsicum annum L.*) grown in Guarimiranga, State of Ceará, by using the mass conservation law in a control volume of soil.

The values of crop evapotranspiration were correlated with data obtained from a Class A pan, with the objective of determining a coefficient that could make the estimation of the crop evapotranspiration, using the evaporation pan only.

This coefficient, called crop coefficient (K_c), was obtained during the stages of mid-season and late season which represent the last sixty days of the crop growing season.

The mean value obtained during the two stages was 0,83 and it can be taken as a basic value for irrigation purposes of the pepper crop in the region where the research had taken place.

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAGÃO JUNIOR, T. C.; MAGALHÃES, C. A. de & CASTRO, P. T. de. Determinação da condutividade hidráulica em podzólico-vermelho-amarelo em condições de campo. Fortaleza, 1981, s.ed., 6p. (Mimeografado).
- BARRADA, Y. Water balance studies. In: WATER USE SEMINAR. Roma, FAO, 1971. p. 90-6 (Irrigation and Drainage Paper, 13).
- BARROS FERRAZ, E.S. Determinação da evapotranspiração real pela moderação de neutrons. Piracicaba, ESALQ/USP, 1968. 48p. (Tese de Doutorado).
- BEGG, H. Turner, 1970. Physiological Basis of Salt tolerance of plants. Israel Program for scientific translation.
- BERNARD, E.A., 1956. Le Determinisme de L'evaporation dans la nature. Publication de l'Institut National pour l'Etude Agronomique du Congo Belgue.
- BLACK, T.A.; GARDNER, W.R. & TANNER, C.B. Water storage and drainage under a row crop on a sand soil. Agronomy Journal, 62: 48-51, 1970.
- BLACK, T.A.; W.R. GARDNER e C.B. TANNER, 1970b. Evaporation from a snap beam crop. Agron. J. 62:66-69.
- BOYER, P. S. 1969. Plant Cell Physiology. A Physicochemical Approach. Freeman.
- CASTRO, P. T. de. Evapotranspiração atual e potencial de uma cultura de milho (*Zea mays* L.). Piracicaba, ESALQ/USP, 1979. 61p. (Dissertação de Mestrado).
- CRUCIANI, D.E. Balanco hídrico em solo cultivado com cana-de-açúcar - Utilização de método da moderação de neutrons. Piracicaba, CENA, 1972. 35p. (Boletim Científico, 6).
- DOWNEY, L.A. Water-field relation for nonforage crops. J. of the Irrig. and Drainage, 98: 107-115, 1972.

- GANGOPADHYAYA, M., 1966. Mensuraments and estimation of evaporation and evapotranspiration. Genova. WMD - 121p. (Thechinal Note, nº 83).
- HARGREAVES, G. H. Potential evapotranspiration and irrigation requirements for Northeast Brazil, Utah State University/USAID, 1974b. 55p.
- JENSEN, M. E. Evaluating irrigation efficiency. J. of the Irrig. and Drain., 95: 83-98, 1967.
- _____ ; ROBB, D.C. & FRAZOY, E. Scheduling irrigation using climate-crop.soil data. J. of the Irrig. and Drain., 96: 25-38, 1970.
- KRENTOS, V.D.; y STYLANOV e C.H. METOCHIS, 1974. Field Water balance in cropped lucerne plots. Nicosia Agricultural Research Institute, 19p. (Technical Bulletin, nº 17).
- LEMON, E.R. The potentialities for decreasing soil misture evaporation loss. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 20: 120-125, 1956.
- LUCHIARI JUNIOR, A. Determinação do coeficiente de cultura (K_c) para feijão (Phaseolus vulgaris L.) pelo método do balanço hídrico. Piracicaba, ESALQ/USP, 1978. 59p. (Dissertação de Mestrado).
- PENMAN, H. L. Natural evaporation from open Water, bare soil and grass. Proc. R. Soc., (Séries A), 193: 120-145, 1948.
- _____. 1956a. Laboratory experiments on evaporation from fallow. Soil Jour. Sci. 31: 454-465.
- _____. 1956b. Evaporation: an introductory survey. Neth. Jour. Agric. Sci. 4: 9-29.
- PEREIRA, A.R.; FERRAZ, E.S.B.; REICHARDT, K. & LIBARDI, P. L. Estimativa da evapotranspiração consuntiva e da drenagem profunda em cafezais cultivados em solos podzolizados. Lins-Marília. Piracicaba, CENA, 1974. 13p. (Bol. Cient., 5).

- PETERS, D. B. 1960. Relative magnitude of evaporation and transpiration. Agron. J., 52: 536-538.
- PRUITT, W.O.; LOURENCE, F. J. & OETTINGEN, S. von. Water use by crops as affected by Climate and plant factors. California Agriculture, 26 (10): 10-14, 1972.
- RAWLINS, M. H., 1963. Cell Structure and Function. Holt, Rinehart e Winston.
- REICHARDT, K. 1968. Estudo do Processo de Evaporação de Água do solo. Tese de livre-docência. ESALQ/USP. Piracicaba, S.P.
- _____. & LIBARDI, P.L. An analysis of soil water movement in the field: I-Hydrological field site characterization. Piracicaba, CENA, 1974. (Boletim Científico, 021).
- _____. Processos de Transferência no Sistema Solo-Planta-Atmosfera. Piracicaba, FUNDAÇÃO CARGILL, 1975. 286p.
- ROSE, C. W., 1966. Agricultural Physics. Oxford, Pergamon Press. 230p.
- _____. & STERN, W.R. 1966. Determination of withdrawal of WATER from soil by crop roots as function of depth and Tiene. Aust. J. Soil Res. 5, 11-19p.
- SAXTON, K. E.; H. P. JHONSON e R. H. SHAW, 1974. Modeling evapotranspirations and soil moisture. Trans. of ASAE 17: 673-677.
- SLATYER, R.O., 1967. Plant-Water Relationships. New York, Academic Press, 1967, 366p.
- STONE, L.R.; M.C. HORTON e T.C. OLSON. 1973b. Water loss from an irrigated sorghum field. II - Evaporation and root extraction. Agron. J. 65: 495-497.
- 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.

- THORNTWAITE C. W. 1948. An approach toward a rational classification of climate. *Geog. Rev.* 38: 85-94.
- _____. & F. K. HARE, 1964. The loss water to the air. *Meteorol. Monographs.* 6: 163-170.
- VACHAUD, G.; THEHEL, J.; ROYER, J. M. & BOCALATO, R. Controle automatique "in situ" des transferte d'eau das la zone non saturee. In: I.A.E.A. Isotope and radiation techniques in soil physics and irrigation studies. Vienna, 1973. p. 1-5.
- VAN BAVEL, C.H.M.; J.E. NEWMAN e R.H. HILGEMAN, 1967. Climate and estimated water use by an orange orchard. *Agric. Met.* 4: 27-37.
- VAN DEN HONERT, 1948. Transport in plants I. Phloem transport, *Encyclopedia of Plant Physiology.* Springer-Verlay.
- VIETS JUNIOR, F.G. Efficiency of water use on semi-arid land. In: I.A.E.A. Efficiency of water and fertilizer use in semi-arid regions. Vienna, 1976.p. 123-133.
- VILLA NOVA, N.A. Estudos sobre o balanço de energia em cultura de arroz. Piracicaba, ESALQ/USP, 1973. 78p. (Tese de Livre-Docência).

FIGURA 1 - Retas de Regressão Linear para o 3º estágio do desenvolvimento da cultura.

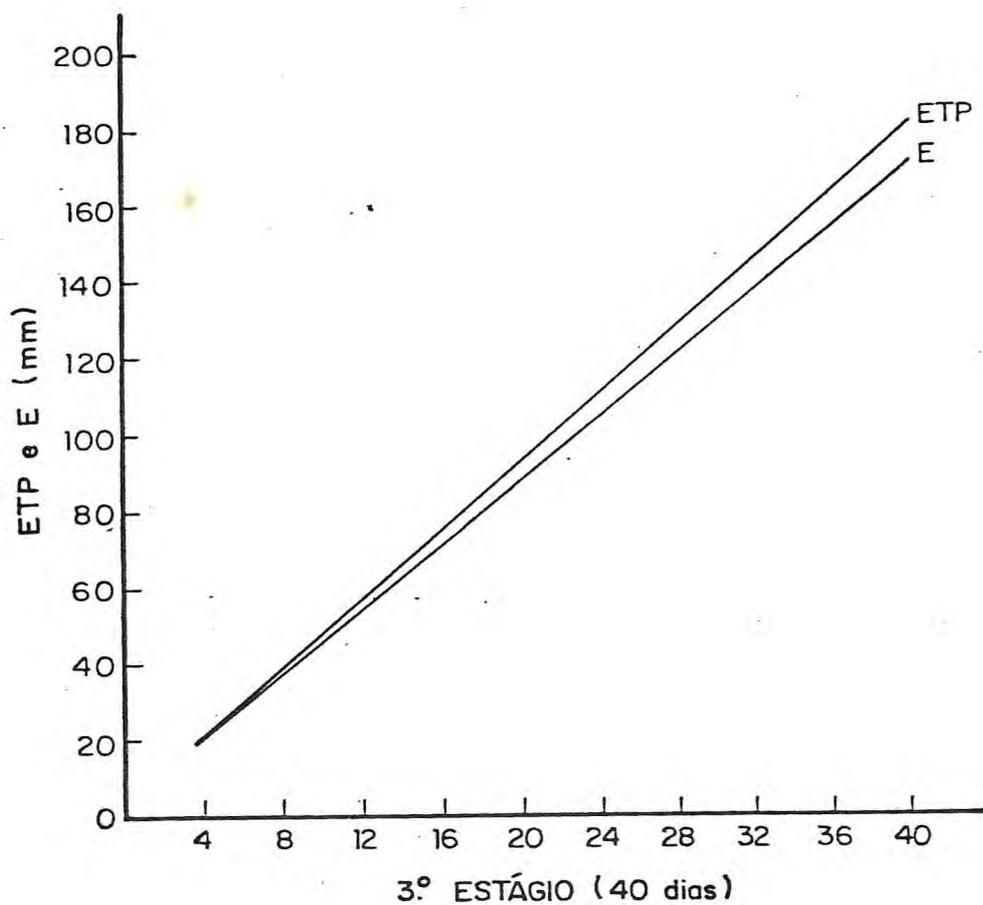


FIGURA 2 - Variação das Componentes do Balanço Hídrico durante 60 (sessenta) dias em pimentão (*Capsicum annum*, L.)

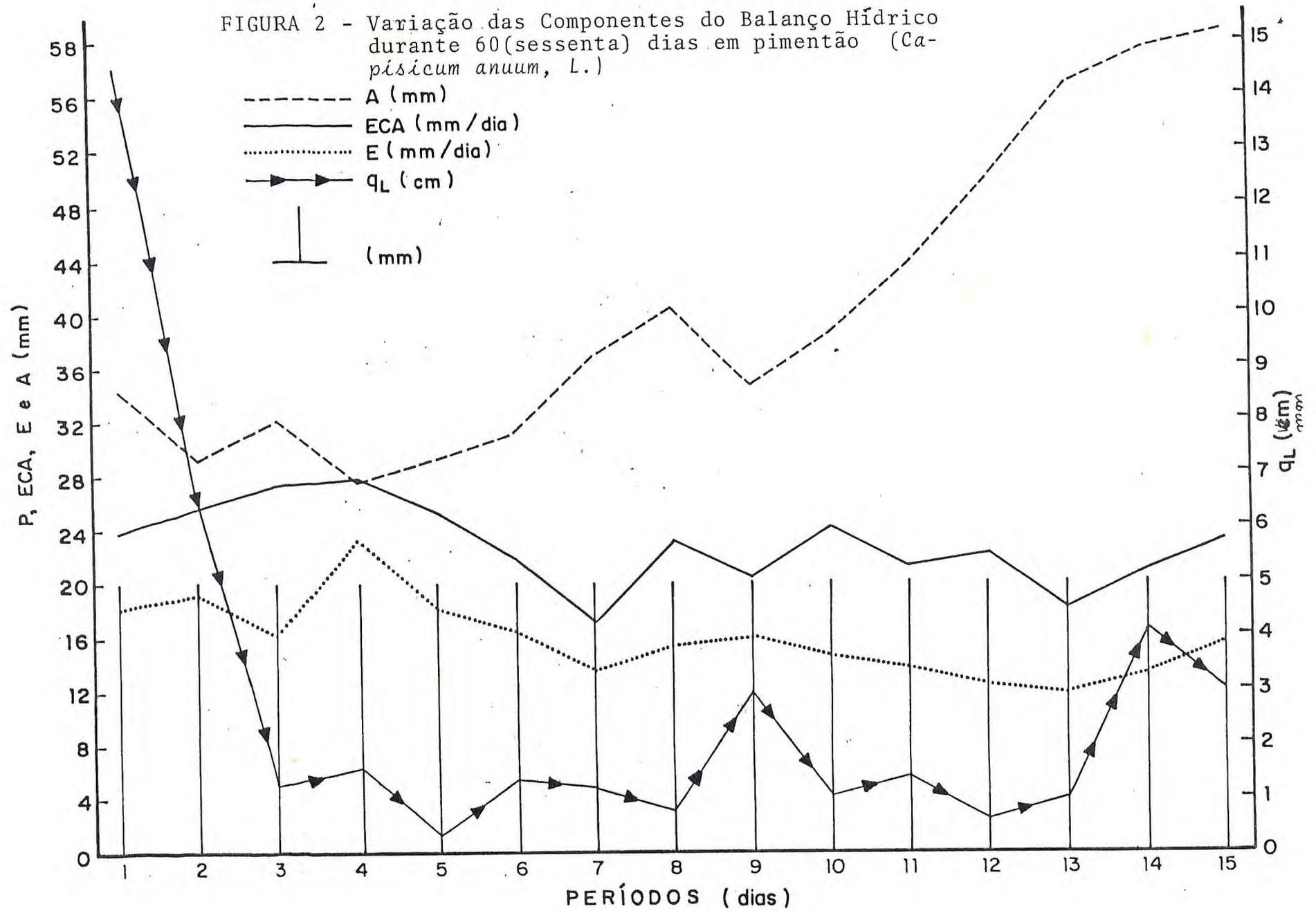


FIGURA 3 - Valores do Coeficiente de Cultura (K_c) para o terceiro e quarto estágio de desenvolvimento e o valor médio (Comparativo entre o recomendado, PRUITT e o encontrado neste trabalho)

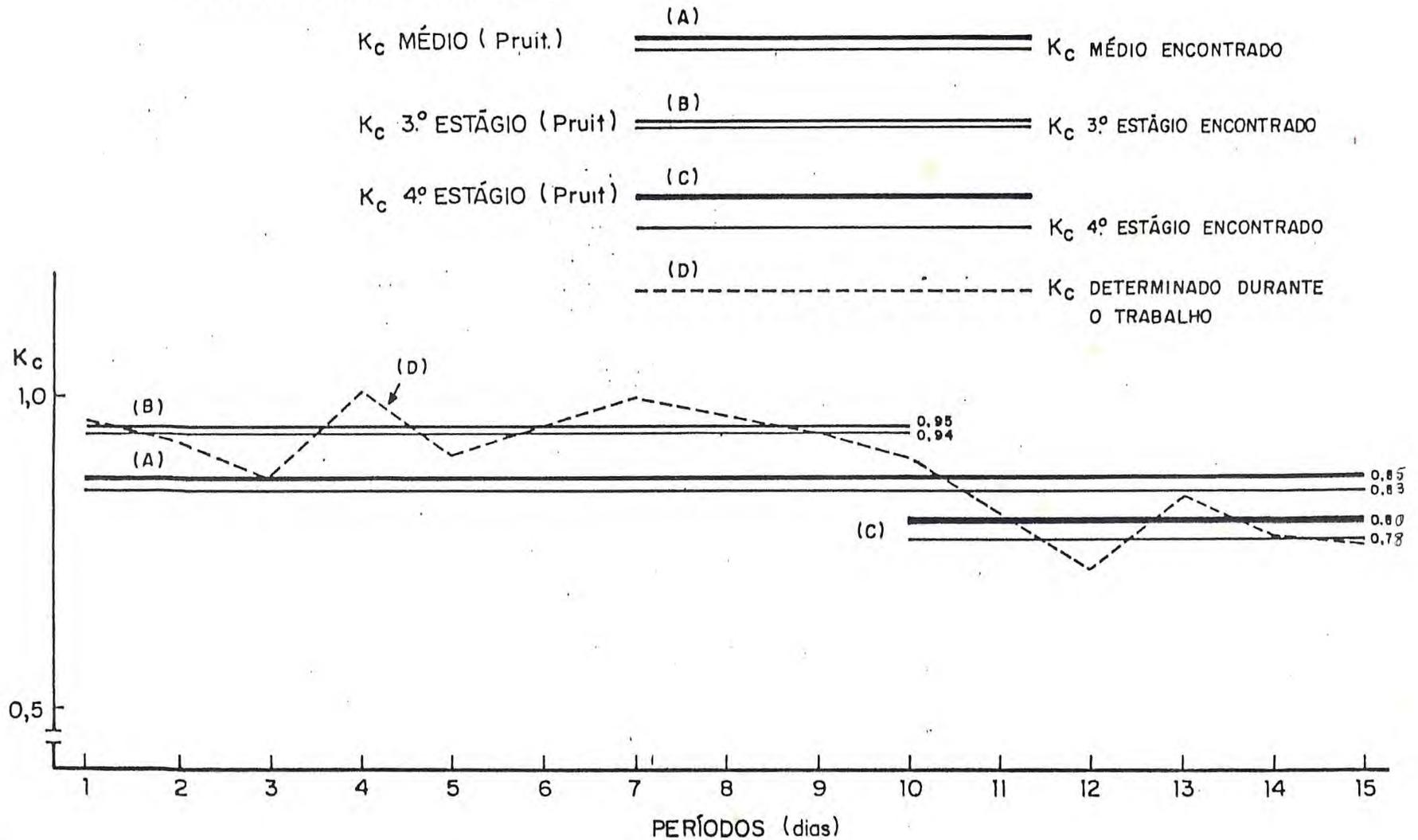


FIGURA 4 - Retas de Regressão Linear para todo ciclo da cultura.

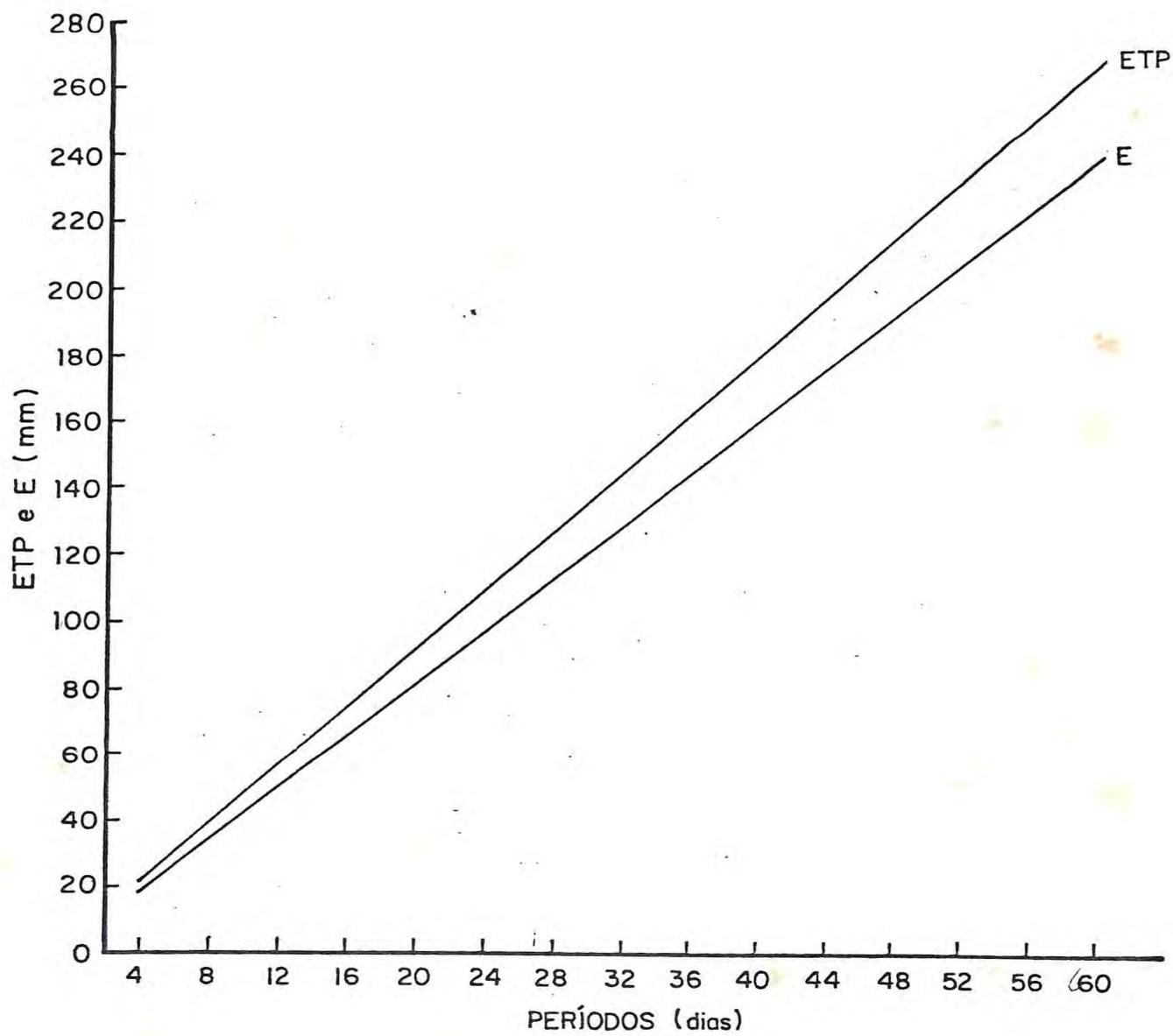


FIGURA 5 - Retas de Regressão Linear para o 4º estágio do desenvolvimento da cultura.

