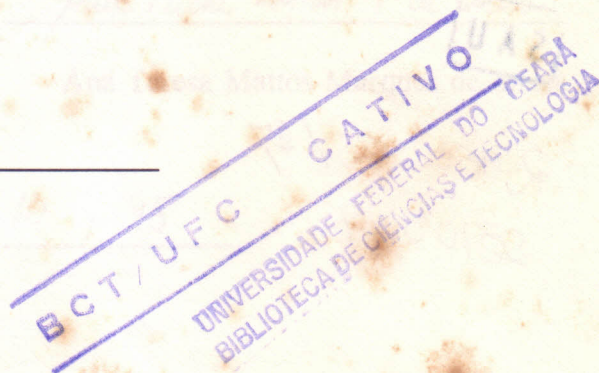


**EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL DA CULTURA DO
MILHO (*Zea mays*, L.) EM LISÍMETROS DE DRENAGEM
E SUA COMPARAÇÃO COM MÉTODOS EMPÍRICOS**

ANA TERESA MATTOS MARQUES DE SOUSA



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

C342670
T
631.587
5696e
1995
ex.1

FORTALEZA - 1995

UFC/BU/BCT 23/05/1997



R660272 Evapotranspiração real da
C342670 cultura do mil
T631.587 S696e

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S696e Sousa, Ana Teresa Mattos Marques de.
Evapotranspiração real da cultura do milho (*Zea mays*, L.) em lisímetros de drenagem e sua comparação com métodos empíricos. / Ana Teresa Mattos Marques de Sousa. – 1995.
96 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Fitotecnia), Fortaleza, 1995.
Orientação: Prof. Dr. Luís Carlos Uchoa Saunders.

1. Agronomia. I. Título.

CDD 630

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

—
Ana Teresa Mattos Marques de Sousa

Dissertação aprovada em : 26 / 10 / 95

—
Prof. Luís Carlos Uchoa Saunders, Dr.

—
Prof. Moisés Custódio Saraiva Leão, Ph.D.

—
Prof. Paulo Teodoro de Castro, M.Sc.

Aos meus pais Rangel e Fernanda
e à minha avó Teresa,
meu maior agradecimento.

A meu amor Fernandinha,
dedico este trabalho.

AGRADECIMENTOS

Ao Departamento Nacional de Obras Contra as Secas - DNOCS, por possibilitar a realização dos estudos e o presente trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pela bolsa de estudo concedida.

Aos professores do Curso de Pós-Graduação do Centro de Ciências Agrárias da UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, pelos ensinamentos ministrados, e em especial ao Prof. Ph.D. MOISÉS CUSTÓDIO SARAIVA LEÃO e ao prof. M.Sc. PAULO TEODORO DE CASTRO.

Ao prof. Dr. LUÍS CARLOS UCHOA SAUNDERS pela amizade e orientação na realização deste trabalho.

Ao Prof. M.Sc. BENITO MOREIRA DE AZEVEDO e à M.Sc. WALDENÍSIA DE SOUSA GADELHA pela colaboração e amizade.

Ao meu marido FRED PONTE pela ajuda nos trabalhos de campo.

A todos que, direta e indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	PÁGINA
1 - INTRODUÇÃO	1
2 - REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1 - Evapotranspiração	2
2.2 - Lisimetria - Uso de Evapotranspirômetros	10
2.3 - Coeficiente de Cultura	15
2.4 - Estimativas de Evapotranspiração	17
2.5 - Equações Empíricas	22
3 - MATERIAL E MÉTODOS	28
3.1 - Caracterização do Experimento	28
3.2 - Instalação do Experimento	28
3.3 - Medição da Evapotranspiração	32
3.4 - Coeficientes de Cultura e de Irrigação	33
3.5 - Estimativas de Evapotranspiração	34
3.5.1 - Método de Thornthwaite (1948)	34
3.5.2 - Método de Penman (1948)	35
3.5.3 - Método de Blaney-Cridle (1950)	38
3.5.4 - Método de Ivanov (1954)	39
3.5.5 - Método de Jensen-Haise (1963)	40
3.5.6 - Método de Hargreaves 1 (1966)	40
3.5.7 - Método de Eagleman (1971)	42
3.5.8 - Método de Hargreaves 2 (1974)	44
3.5.9 - Método da FAO-Tanque Classe A (1977)	45
3.5.10 - Método da Radiação Solar (1977)	46
3.5.11 - Método do Centro de Ciências Agrárias - CCA 1 (1978) ...	47
3.5.12 - Método do Centro de Ciências Agrárias - CCA 2 (1978) ...	48

3.6 - Modelo Matemático Utilizado na Classificação dos Métodos	
Analisados	49
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
4.1 - Estimativas de Evapotranspiração do Milho	52
4.2 - Comparação entre Métodos de Estimativa de Evapotranspiração .	59
5 - CONCLUSÕES	82
6 - RECOMENDAÇÕES	83
7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84
8 - APÊNDICE	90

LISTA DAS TABELAS

TABELA		PÁGINA
1	Balanço Hídrico da cultura do Milho (<i>Zea mays</i> , L) obtido com lisímetros de drenagem (ano 1992)	53
2	Valores da evapotranspiração do tanque 'Classe A', USWB, evapotranspiração potencial, evapotranspiração real e coeficientes de cultura para o milho (<i>Zea mays</i> , L.) e coeficientes de irrigação (ano 1992)	56
3	Variáveis meteorológicas obtidas na Estação Agrometeorológica do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará (ano 1992)	60
4	Elementos meteorológicos empregados para a estimativa da evapotranspiração nos métodos utilizados	61
5	Evapotranspiração (mm) obtida diretamente nos lisímetros e estimativas de evapotranspiração dos métodos empíricos para os 3 períodos considerados	62
6	Equações de regressão linear e coeficientes de determinação (r^2) da evapotranspiração real do lisímetro e dos métodos empíricos analisados	64

- | | | |
|---|--|----|
| 7 | Equações de regressão linear e coeficientes de determinação (r^2) da evapotranspiração real através de métodos empíricos | 73 |
| 8 | Resumo dos resultados dos critérios de paralelismo e de concordância na estimativa da evapotranspiração real do milho (<u>Zea mays</u> , L.). | 81 |

LISTA DAS FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1	Detalhe da área do experimento apresentando a localização dos 04 (quatro) lisímetros	29
2	Detalhe de um lisímetro instalado na área do experimento	31
3	Evapotranspiração real média para cada período considerado - Ano 92 para a cultura do milho (<i>Zea mays</i> , L.)	54
4	Evaporação tanque Classe A, USWB, diária média de 5 dias e evapotranspiração potencial diária média de 5 dias no período de 13/08 a 21/10/92 com $K_t = 0,65$ para a cultura do milho (<i>Zea mays</i> , L.)	57
5	Diagramas de dispersão da ETR obtida pelos métodos FAO Tanque Classe-A, Hargreaves 1 e Thornthwaite e da ETR de referência em mm, função do tempo, em dias ($A \neq 0$)	65
6	Diagramas de dispersão da ETR obtida pelos métodos CCA-2, Hargreaves 2 e Blaney-Criddle e da ETR de referência em mm, função do tempo, em dias ($A \neq 0$)	66
7	Diagramas de dispersão da ETR obtida pelos métodos da Radiação Solar, Jensen-Haise e Penman e da ETR de referência em mm, função do tempo, em dias ($A \neq 0$)	67
8	Diagramas de dispersão da ETR obtida pelos métodos de Ivanov, Eagleman e CCA-1 e da ETR de referência em mm, função do tempo, em dias ($A \neq 0$)	68
9	Diagramas de dispersão da ETR obtida pelos métodos Fao Tanque Classe A, Hargreaves 1 e Thornthwaite e da ETR de referência em mm, função do tempo, em dias ($A = 0$)	69

FIGURA		PÁGINA
10	Diagramas de dispersão da ETR obtida pelos métodos CCA-2, Hargreaves 2 e Blaney-Criddle e da ETR de referência em mm, função do tempo, em dias ($A=0$)	70
11	Diagramas de dispersão da ETR obtida pelos métodos da Radiação Solar, Jensen-Haise e Penman e da ETR de referência em mm, função do tempo, em dias ($A=0$)	71
12	Diagramas de dispersão da ETR obtida pelos métodos Ivanov, Eagleman e CCA-1 e da ETR de referência em mm, função do tempo, em dias ($A=0$)	72
13	Diagramas de dispersão da ETR de referência (mm) com a ETR estimada pelos métodos Ivanov, Eagleman, CCA-1 e CCA-2 (mm) ($A \neq 0$)	75
14	Diagramas de dispersão da ETR de referência (mm) com a ETR estimada pelos métodos Hargreaves 2, Blaney-Criddle, Fao Tanque Classe-A e Hargreaves 1 (mm) ($A \neq 0$)	76
15	Diagramas de dispersão da ETR de referência (mm) com a ETR estimada pelos métodos Thornthwaite, Radiação Solar, Jensen Haise e Penman (mm) ($A=0$)	77
16	Diagramas de dispersão da ETR de referência (mm) com a ETR estimada pelos métodos Ivanov, Eagleman, CCA-1 e CCA-2 (mm) ($A=0$)	78
17	Diagramas de dispersão da ETR de referência (mm) com a ETR estimada pelos métodos Hargreaves 2, Blaney-Criddle, Fao Tanque A e Hargreaves 1 (mm) ($A=0$)	79
18	Diagramas de dispersão da ETR de referência (mm) com a ETR estimada pelos métodos Thornthwaite, Radiação Solar, Jensen-Haise e Penmam (mm) ($A=0$)	80

RESUMO

O estudo foi desenvolvido no Laboratório de Hidráulica e Irrigação do Departamento de Engenharia Agrícola do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, localizado no Município de Fortaleza-Ce, visando obter a evapotranspiração real do milho através de lisímetros de drenagem.

Com esses valores de evapotranspiração real de referência, estabeleceu-se correlações com métodos empíricos de estimativa de evapotranspiração real, visando a obtenção dos mais adequados à região em estudo.

A evapotranspiração real de referência apresentou um valor médio variando de 2,85 mm/dia nos primeiros dias e alcançando 10,17 mm/dia nos últimos 30 dias, enquanto que o valor da evaporação média diária do tanque Classe A do USWB foi de 8,75 mm.

Dentre os métodos analisados aqueles que se ajustaram mais à evapotranspiração de referência foram: Blaney-Criddle, Radiação Solar e Fao Tanque Classe-A.

ABSTRACT

To determine actual evapotranspiration for corn, a study was done at the Hydraulics and Irrigation Laboratory, Pici Campus, Federal University of Ceará, Brazil, using a battery of drainage lysimeters. Correlations between actual evapotranspiration for corn determined by lysimetry and by empirical methods was established, in order to find a more simple and reliable empirical method to determine evapotranspiration for the crop.

The actual evapotranspiration for corn, determined by lysimetry, ranged from 2,85 mm/day for the first days of the cycle, to 10,17 mm/day for the last 30 days of the crop cycle. As a term of comparison, evaporation from a "Class A" tank, at the same area, averaged 8,75 mm/day.

Among the various methods to determine evapotranspiration compared with drainage lysimetry, Blaney-Criddle, Solar Radiation and Fao- Class A tank, shown the best correlations; they also need only a few climatic data and are very ease to use.

1 - INTRODUÇÃO

O planejamento e a operação de um projeto de irrigação em que se vise a máxima produção e boa qualidade do produto, usando de maneira eficiente a água, requer conhecimentos da relação solo-água-planta-atmosfera e manejo de irrigação.

Em regiões áridas e semi-áridas, onde a água é fator limitante, a irrigação é utilizada para corrigir essa deficiência hídrica, diminuindo dessa forma as perdas na produção agrícola.

A elaboração de projetos de irrigação exige, como condição preliminar, o conhecimento da evapotranspiração real das culturas a serem desenvolvidas.

A estimativa da evapotranspiração permite determinar as quantidades de água a se aplicar nos cultivos, gerando assim um bom desenvolvimento da planta em face da disponibilidade hídrica existente.

Esse trabalho tem como objetivos a determinação da evapotranspiração real (ETR) da cultura do milho (*Zea mays*, L.), utilizando o lisímetro, e através de modelos empíricos, e a correlação entre o método do lisímetro, utilizado como referência, e os modelos empíricos.

2 - REVISÃO DE LITERATURA

2.1 - Evapotranspiração

Segundo GRASSI (1968), a evaporação é o processo mediante o qual se produz a troca de água do estado líquido ao de vapor. Na natureza cabe distinguir dois casos: 1) evaporação de superfícies livres de água; 2) evaporação de superfícies de terreno cobertas de vegetação. No segundo caso esse processo tem uma denominação especial: evapotranspiração.

Sob o aspecto quantitativo, a evaporação caracterizada como não produtiva pode ser considerável. PETERS (1960), citado por REICHARDT (1985), observou que, durante o ciclo vegetativo normal de uma cultura, a perda de água através da evaporação do solo pode representar 50% da evapotranspiração.

De acordo com REICHARDT (1987), a evaporação é uma perda indesejável, do ponto de vista agrônomo, pois é a água que sai do solo sem participar das atividades biológicas da cultura. Ela deve ser mantida em níveis mínimos sempre que possível. As perdas por evaporação são importantes nos períodos em que o solo se encontra sem vegetação, quando esta é pequena (início do ciclo das culturas anuais) ou quando existe área grande de solo nu entre as plantas. Quando a cultura se desenvolve bem e cobre o solo com sua vegetação,

a evaporação perde a importância. Afirma também que a transpiração é, até certo ponto, uma perda desejável de água, pois, esta água que passa pela planta e se perde na atmosfera, participa imprescindivelmente de suas atividades biológicas.

A evaporação potencial (EP) de um solo de acordo com BERNARD (1956), citado por MAGALHÃES (1982) 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 $E < EP$.

A comissão de Meteorologia Agrícola da Organização Mundial de Meteorologia (MWO) definiu evapotranspiração potencial (ETP) como sendo a quantidade de água que evapora do solo e das plantas, quando o solo está na capacidade de campo. Alguns autores, como PENMAN (1956) citado por VILLA NOVA e REICHARDT (1989), acrescentam que a cultura deve ter porte baixo, estar em fase de crescimento ativo e cobrir completamente a superfície do solo. Qualquer discordância nestas características, condiciona a evapotranspiração real.

O termo evapotranspiração, de acordo com a definição da Soil Science Society of America, refere-se a água perdida da superfície do solo por evaporação e transpiração. Quando a vegetação cobre completamente o solo, esta superfície

localiza-se na interface planta-ar. Não havendo vegetação, ela se retrai à interface solo-ar. (SCALOPI, 1972).

Segundo PORTO (1986), a evapotranspiração potencial (ETP) é a quantidade de água evapotranspirada em uma superfície natural totalmente coberta por vegetação rasteira, em fase de crescimento ativo, cujo teor de umidade do solo seja próximo da “capacidade de campo”. A evapotranspiração é dita real quando sujeita às condições normais. Para fins de irrigação o que se deve conhecer é a evapotranspiração real (ETR). Como ela não é fácil de ser medida na prática, vários estudos e métodos são baseados na evaporação potencial, mais fácil de ser obtida.

Segundo REICHARDT (1985), o processo de evapotranspiração é de suma importância no ciclo hidrológico, notadamente em áreas cultivadas. Quando da absorção de um grama de nutrientes do solo pela planta, centenas de gramas de água necessitam ser absorvidas. Daí ser a transpiração chamada comumente de evaporação produtiva e a evaporação do solo não produtiva.

Segundo PADILHA JR (1986), os fatores que condicionam a evapotranspiração potencial e real das culturas, e portanto relacionados aos estudos do sistema solo-água-planta-atmosfera, são objetos de pesquisas em várias partes do mundo, principalmente nas de clima áridos, semi-áridos e sub-úmidos.

GUERRA (1962), diz que para se determinar as necessidades de água para uma cultura, deve-se conhecer o seu uso consuntivo, isto é, a quantidade de água que a cultura precisa consumir para poder crescer e produzir e considera este conceito como sinônimo de evapotranspiração. No entanto BERNARDO (1982) afirma que uso consuntivo é a soma d'água evapotranspirada mais a parte retida pelo tecido vegetal durante o seu crescimento. Como a segunda parte é muito pequena em relação à primeira, pode-se considerar o uso consuntivo (UC) igual à evapotranspiração (ET), ou seja $UC = ET$.

THORNTHWAITE & MATHER (1955) achavam que a evapotranspiração dependia de cinco coisas: 1 - o clima, 2 - o suprimento de umidade do solo, 3 - a cobertura vegetal, 4 - o tipo e a estrutura do solo e 5 - o manejo do solo. Quando a umidade do solo é mantida no nível ótimo, o manejo e a estrutura do solo têm muito pouco efeito sobre a marcha da evapotranspiração. As perdas de água sob condições ótimas de umidade do solo, a evapotranspiração potencial, então, torna-se um parâmetro determinado, principalmente pelas condições climáticas.

CHANG (1968), citado por PADILHA JR (1986), descreve as teorias de evapotranspiração relativas entre as taxas potenciais e reais, constatadas em estudos experimentais de campo conduzidos por DENHEAD e SHAW (1962) com milho; VAN BAVEL (1967) com alfafa; RITCHIE et alii (1972) para sorgo e

algodão e RITCHIE (1973) com milho, segundo os quais a evapotranspiração real, ETR, além dos fatores meteorológicos, está relacionada com as propriedades físicas do solo e do tipo de cultura, acompanhando a taxa potencial por algum tempo, em função de umidade do solo e então decresce rapidamente de uma maneira exponencial.

A evaporação de uma superfície de terreno coberta com vegetação, ou seja, a evapotranspiração requer: (1) energia para troca do estado físico da água de líquido a vapor; (2) disponibilidade de água no solo e (3) um mecanismo de transmissão de água desde o solo à atmosfera. A radiação é a fonte de energia. A precipitação pluvial e/ou irrigação é a reposição periódica de água ao solo, e as diferenças de potencial criadas em diferentes partes do sistema solo-planta são a circulação de água até a superfície evaporante (GRASSI, 1968).

As práticas culturais também influenciam as taxas de evapotranspiração de culturas, embora não muito significativamente, e referem-se às práticas de preparo do solo, ao uso de fertilizantes, a densidade do plantio, capinas de ervas daninhas, redução de velocidade dos ventos com quebra-ventos e uso de antitranspirantes (DOORENBOS e PRUITT, 1977).

DOORENBOS e PRUITT (1977) relacionam o processo dinâmico da evapotranspiração com os seguintes fatores: clima, tamanho do campo, natureza

das circunvizinhanças, efeitos advectivos, de altitudes, da disponibilidade de água no solo e salinidade, dos métodos de irrigação e do manejo do cultivo. A instalação e operação dos sistemas de irrigação, além dos métodos utilizados, também influenciam a evapotranspiração, sendo específicos a cada tipo de cultura, conforme afirmam GRASSI (1968), DOORENBOS e PRUITT (1975, 1977) e SILVA et alii (1981), citados por PADILHA JR (1986).

A evapotranspiração de uma cultura é afetada por vários elementos, que podem ser agrupados em fatores climáticos, fatores do solo, e fatores da planta (LEMON et alii., 1957; SLATYER & McILROY, 1961) citados por MARCA (1985). Dentre os fatores climáticos estão incluídos a radiação solar, temperatura, umidade relativa do ar, precipitação, etc.

De acordo com VIEIRA (1986), os fatores climáticos que determinam a chamada demanda evaporativa da atmosfera, interferem analogamente na transpiração. Além deles a evapotranspiração de uma cultura é determinada por condições inerentes à própria cultura como: estágio de desenvolvimento das plantas, infestação de pragas e moléstias, adubação, preparo do solo, meio ambiente e notadamente a irrigação. Basicamente pode-se definir dois tipos de evapotranspiração: a de referência (ETP) e a real (ETR). A evapotranspiração de referência é a somatória das perdas de água por evaporação e transpiração de uma cultura qualquer, cujo teor de umidade é mantido sempre na capacidade de

campo. A evapotranspiração real (ETR) considera o estágio de desenvolvimento da cultura específica.

O termo evapotranspiração potencial (ETP) relaciona-se principalmente com o tipo de cultura, e JENSEN e HAISE (1963) citados por PADILHA JR (1986) utilizaram a alfafa irrigada como referência para definir correlações, por meio de coeficientes, com as demais culturas.

Segundo AZEVEDO (1993), as estimativas de requerimento de água e calendário de irrigação podem ser obtidos a partir da evapotranspiração potencial (ETP) devidamente corrigida por coeficientes de cultura (K_c), e que através da multiplicação de ambos obtemos a evapotranspiração real. De tal maneira que o coeficiente de cultura representa a relação água-solo-planta considerando o efeito físico-fisiológico (GRASSI, 1968).

Através de experimentos com as demais culturas, correlacionadas às evapotranspirações reais (ETR), obtidas com as da alfafa, tomadas como referência, HARGREAVES (1974), DOORENBOS e PRUITT (1977) fornecem as amplitudes de variação de evapotranspiração para várias culturas, introduzindo a utilização dos coeficientes de cultura, k_c , para ajuste dos valores da evapotranspiração da alfafa com relação às culturas.

TANNER (1957) afirmou que os métodos de estimativa de evapotranspiração podem ser agrupados em três classes principais: os micrometeorológicos, os do balanço hídrico e os empíricos. Os métodos micrometeorológicos e os do balanço hídrico possuem uma base física racional, enquanto que os empíricos precisam ter seus resultados corrigidos em função dos anteriores. Em estimativas da evapotranspiração real ou potencial, os métodos micrometeorológicos são os mais precisos necessitando porém instrumental sofisticado, pessoal especializado e uma superfície grande e homogênea para sua aplicação. A grande maioria dos métodos empíricos de estimativas de evapotranspiração foram obtidos a partir de correlações de dados observados diretamente em lisímetros com elementos climáticos, tais como temperatura (Thornthwaite e Blaney-Cridle), umidade relativa (Hargreaves), radiação solar (Penman, Jensen-Haise, Christiansen) e por relações com a evaporação do tanque Classe A, do USWB.

PEQUENO et alii (1978) consideram os métodos empíricos de maior utilização para determinação da evapotranspiração os que empregam fórmulas empíricas e os evaporímetros. As equações empíricas são desenvolvidas em regiões diversas e por isso tem-se condições climáticas heterogêneas e quando de sua utilização faz-se necessário, se possível, uma adaptação à região para uma maior aproximação dos valores obtidos com os reais.

As principais técnicas de estimar a evapotranspiração (ET) são baseadas nos dados climáticos. Os fatores climáticos que influenciam as necessidades de água, particularmente a evapotranspiração, são: (1) radiação solar, (2) precipitação, (3) temperatura, (4) umidade e (5) vento. O mais significativo fator que afeta a ET é a radiação solar porque ela é a fonte de energia necessária para transferir água do estado líquido para a fase de vapor nas plantas e no solo (BUREAU OF RECLAMATION, 1983).

2.2 - Lisimetria - Uso de Evapotranspirômetros

Lisímetros são considerados métodos diretos de obtenção de evapotranspiração.

VAN BAVEL (1961), citado por SCALOPI (1972), considera a lisimetria como o único método praticável para determinar a evapotranspiração com uma precisão adequada. Os estudos da variação da umidade em solos confinados em lisímetros são os que fornecem melhor precisão para avaliar as taxas de evapotranspiração, desde que sejam representativas a exposição e condições de umidade do solo da área circundante, sendo a amostra do lisímetro não deformada, e mantidas as características de transmissividade, retenção de umidade e distribuição das raízes. Para se estimar a máxima evapotranspiração, as características do solo não são importantes, mas sim a frequência de irrigação,

para manter o conteúdo de água constante. Para maior precisão, com taxas diárias e/ou horárias da ET, devem ser utilizados lisímetros de pesagem, bem como instrumentos adequados ao completo acompanhamento das condições climáticas como heliógrafos, actinômetros e radiômetros.

TANNER (1968) citado por SCALOPI (1972), recomenda o emprego de lisímetros para avaliar a precisão dos métodos micrometeorológicos e calibrar as fórmulas empíricas empregadas na estimativa da evapotranspiração.

SELLERS (1969) prefere dividir os lisímetros em dois tipos e usar terminologia diferenciada para designá-los. Assim, os lisímetros volumétricos são designados por evapotranspirômetros de solo e outros tipos, apenas por lisímetros.

Segundo JENSEN (1973), citado por PADILHA JR (1986) lisímetros (evapotranspirômetros) são tanques cheios de solo no qual as culturas se desenvolvem sob condições naturais, para se medir a quantidade de água perdida por evaporação e transpiração. Este é o único método de medida direta de ET e é freqüentemente usado para estudar efeitos climáticos na ET e avaliar procedimentos de estimativa.

O método do lisímetro é o mais preciso pois permite estimativas de evapotranspiração desde intervalos horários até mensais ou sazonais em função

do tipo de lisímetro empregado (RITCHIE, 1973; VILLA NOVA, 1973; VIETS JUNIOR, 1976), possibilitando também determinações simultâneas e independentes da drenagem profunda e evapotranspiração (BARRADA, 1971, citado por LUCHIARI JR, 1978). Entretanto as dificuldades encontradas principalmente de construção e instalação, limitam seu uso, pois, podem modificar as propriedades físicas do solo e o meio ambiente das plantas, em relação às condições circunvizinhas (SLATYER, 1967; BARRADA, 1971; VIETS JUNIOR, 1976).

Algumas vantagens de determinações lisimétricas são apresentadas por LÓPEZ (1973), tais como: o alto nível de precisão que se pode alcançar; os curtos intervalos em que pode ser determinada a evapotranspiração; permite comparar o grau de exatidão de outros métodos e estudar a influência dos fenômenos meteorológicos no processo. Algumas desvantagens são: a dificuldade de obter, com precisão, as condições naturais no interior do lisímetro; a implantação requer custos de valor relativamente elevado; o nível da mão-de-obra no monitoramento do equipamento deve ser de alto nível.

LOMAS et alii (1974), citados por PADILHA JR (1986), para análise de eficiência da utilização da água em cultura de milho, usaram lisímetros de drenagem para estimar a ET, correlacionando os resultados com a evaporação do

tanque Classe A, com medidas de depleção de umidade do solo e estimativa de ET pelo método de Penman.

BERNARDO (1982) descreveu o lisímetro de percolação como sendo um tanque enterrado, deixando a sua borda superior 5 cm acima da superfície do solo. Do fundo do tanque sai uma tubulação que conduz a água drenada até um recipiente. O tanque tem que ser preenchido com o solo do local onde será instalado o lisímetro, mantendo a mesma ordem dos horizontes. No fundo do tanque coloca-se uma camada de mais ou menos 10 cm de brita coberta com uma camada de areia grossa. Esta camada de brita tem a finalidade de facilitar a drenagem d'água que percolará através do tanque. É o método mais preciso para a determinação direta da ET, desde que instalado corretamente.

De acordo com WINTER (1984), lisímetros de drenagem produzem água de drenagem e, conseqüentemente dão resultados somente quando o solo contém água em excesso da capacidade de campo. Os assim chamados transpirômetros são lisímetros de drenagem também usados para fornecer uma estimativa de evaporação e transpiração. O transpirômetro de Garnier consiste num tanque de solo em que uma cultura, normalmente grama, é desenvolvida. O tanque é irrigado diariamente com um excesso de água conhecido de maneira que sempre existe alguma drenagem. A diferença entre o volume de água adicionado e aquele coletado como drenagem, com os devidos descontos para qualquer chuva, é

considerada como a quantidade transpirada pela cultura e evaporada do solo. Porque a drenagem continua durante vários dias, a quantidade indeterminada de armazenamento no solo causa erros que são difíceis de avaliar. Entretanto, esse instrumento pode dar um guia comparativo para o balanço hídrico em diferentes localidades.

PORTO (1986) define lisímetros como tanques enterrados no solo, dentro dos quais mede-se a evapotranspiração. É o procedimento mais preciso para a determinação de evapotranspiração real, desde que sejam bem instalados e operados corretamente.

O uso de lisímetros, segundo SCARDUA (1986), permite uma caracterização completa dos termos da equação do balanço da água do solo. Consiste em confinar o solo em tanques, controlando a perda de água por pesagem ou medição de volumes d'água aplicado e drenado. Apesar da precisão, podem ocorrer erros, devido a dificuldade em simular as condições de campo; para atenuar os erros, pode-se usar lisímetros maiores e assentados no campo dentro da própria cultura.

Como a diferença entre a evapotranspiração máxima de uma cultura ET_m e a evapotranspiração real ou atual (ETR) está apenas na restrição da água do

solo, os métodos diretos de medida são os mesmos para ambas. O método direto mais comum é o evapotranspirômetro ou lisímetro. (REICHARDT, 1987).

Segundo AZEVEDO (1993), evapotranspirômetro é o termo freqüentemente utilizado para designar lisímetros. Por não estar o termo lisímetro ainda bem definido, alguns autores fazem uso do termo para todos os depósitos repletos com solo utilizados na medida da evapotranspiração.

2.3 - Coeficiente de Cultura

A estimativa da evapotranspiração potencial inclui aspectos de ordem física que dependem do clima, enquanto o k_c , que é o coeficiente representativo da relação água-solo-plantas, considera o efeito fisiológico (GRASSI, 1968).

Para a estimativa da evapotranspiração (ETR) das culturas, os valores de evapotranspiração potencial (ETP) devem ser corrigidos com coeficientes específicos, denominados de coeficientes de cultura, k_c (HARGREAVES, 1974).

DOORENBOS e PRUITT (1977), tecem considerações gerais sobre os fatores que afetam esses coeficientes, relatando como os principais os seguintes: características específicas de cada cultura, época de plantio, taxa de crescimento

relativo, duração da estação de crescimento, condições climáticas predominantes durante o início de desenvolvimento e frequências de chuva e irrigação.

Através de experimentos com várias culturas, correlacionando as evapotranspirações reais, ETR, obtidas com as da alfafa, tomada como referência, HARGREAVES (1974), DOORENBOS e PRUITT (1977) fornecem as amplitudes de variações da evapotranspiração para várias culturas, introduzindo a utilização de coeficientes de cultura, K_c , para ajuste dos valores da evapotranspiração potencial da alfafa com relação às culturas. Apresentam, ambos os estudos, fórmulas empíricas para a obtenção da ETR das culturas, que devem ser testadas quanto a sua aplicabilidade em locais e regiões de características climáticas diferentes, PADILHA JR (1986).

De acordo com ENCARNAÇÃO (1983), a determinação de coeficientes culturais (K_c), fator pelo qual se deve multiplicar a evapotranspiração potencial de referência (ETP) para se obter as necessidades hídricas reais das culturas em suas fases de desenvolvimento, requer além de uma fase experimental, um bom acompanhamento das condições climáticas em cada fase fenológica da cultura envolvida.

Segundo VIEIRA (1986), o coeficiente cultural (K_c) é de suma importância para a avaliação da evapotranspiração real, necessária ao planejamento, projeto

e controle da irrigação. O coeficiente K_c varia de cultura para cultura e ainda com: época de cultivo, estágio de desenvolvimento da cultura, condições climáticas e frequência de chuva ou irrigação na fase inicial do ciclo vegetativo.

2.4 - Estimativas de Evapotranspiração

As diferentes formas de obtenção da evapotranspiração das culturas, permitem classificar estas estimativas, em métodos diretos e indiretos.

GRASSI (1968) citado por MARCA (1979), afirma que a determinação da evapotranspiração é um problema dos vários ramos da ciência que lidam com o sistema solo-planta-atmosfera e, na atualidade, há vários métodos para a sua determinação. Esses métodos se baseiam em sólidos princípios físicos como: a transferência do vapor d'água na camada limite ou o balanço de energia; a medida direta de evaporação de uma superfície; e as fórmulas baseadas em dados meteorológicos quando disponíveis.

Durante o primeiro estágio de evaporação, ocorre a evaporação potencial, que pode ser estimada conhecendo-se a energia disponível. Vários autores têm proposto fórmulas teórico-empíricas para seu cálculo, destacando-se PENMAN (1948) e THORNTHWAITE (1948). No Brasil, destacam-se os trabalhos de

VILLA NOVA (1973), BARROS FERRAZ (1972), CRUCIANI (1972) e REICHARDT et alii (1974) citados por (MAGALHÃES, 1982).

Segundo PADILHA JR (1986), obtém-se a evapotranspiração a partir de correlações principalmente com fatores meteorológicos mais facilmente determinados, como temperatura média e umidade do ar, radiação solar, velocidade do vento, etc. A grande maioria dos métodos empíricos de estimativas de evapotranspiração foram obtidos a partir de correlações de dados observados diretamente em lisímetros com elementos climáticos, tais como temperatura (Thornthwaite, Blaney-Criddle), umidade relativa (Ivanov, Papadakis, Eagleman e Hargreaves), radiação solar (Penman, Turc, Jensen-Haise, Christiansen, Linacre) e por relações com a evaporação do tanque Classe A do USWB.

DOORENBOS e PRUITT (1977) descrevem os métodos de estimativa de evapotranspiração de cultivos mais em uso, como Blaney-Criddle, Penman e evaporação do tanque Classe A do USWB, introduzindo fatores relacionados com o clima, tipo, desenvolvimento e intensidade das culturas, meio ambiente e exposições, água disponível no solo, fertilidade do solo, métodos e práticas de cultivo e irrigação, para avaliação das necessidades de água.

Segundo VIEIRA (1986), muitos métodos foram idealizados pelos especialistas no assunto para calcular a evapotranspiração potencial a partir de

dados meteorológicos normalmente medidos nas estações. Isto é muito importante para a irrigação pois proporciona condições para proceder-se facilmente ao controle das aplicações de água, bem como subsídios, para o técnico elaborar o projeto de irrigação.

Segundo VIEIRA (1986), a evapotranspiração de referência (ETP) pode ser estimada por meio de fórmulas empíricas com as de Thornthwaite, Penman, Blaney-Criddle, Hargreaves e outras, que se baseiam em dados meteorológicos e dados climáticos da área. Tais fórmulas fornecem resultados para períodos de 30 a 30 dias.

Outra maneira de obter a evapotranspiração de referência é com o auxílio de medições da evaporação (E_v) num tanque evaporimétrico. Neste caso, a evapotranspiração é obtida pela fórmula:

$$ETP = K_t \cdot E_v \quad (1)$$

sendo:

ETP = evapotranspiração de referência [$M^\circ L T^{-1}$];

k_t = coeficiente do tanque [$M^\circ L^\circ T^\circ$];

E_v = evaporação medida no tanque [$M^\circ L T^{-1}$].

De acordo com DOORENBOS e PRUITT (1977), k_t e E_v são função da velocidade do vento, da umidade relativa e do tamanho da área gramada ou desnuda que circunda o tanque.

Para se obter a evapotranspiração real com o auxílio do tanque Classe A, é necessário conhecer o coeficiente de cultura (k_c).

A evapotranspiração real (ETR) ou consumo de água pela cultura normal sob adequadas condições de umidade e fertilidade, pode ser obtido através de trabalhos experimentais nos quais controla-se o balanço hídrico da água no solo permitindo determinar o gasto de água da cultura em suas diversas fases. Como tais dados são escassos, ele pode ser avaliado com o auxílio da expressão:

$$ETR = k_c \cdot ETP$$

sendo:

k_c = coeficiente cultural, que depende da cultura, do clima e da fase do ciclo vegetativo.

SILVA et alii (1981) citados por PADILHA JR (1986) a partir de experimentos na região semi-árida de Pernambuco, estabeleceram metodologia para determinação das necessidades de água das culturas irrigadas, tomando-se como referência a evapotranspiração potencial, através de equação derivada a

partir de correlações da ETP para alfafa, obtida em lisímetros de drenagem, com a evaporação do tanque Classe A do USWB, utilizando trabalhos realizados por ARAGÃO e ARAÚJO (1975).

Segundo SCARDUA (1986), STANHILL concluiu em experimentos em Israel que o tanque Classe A, usado pelo U.S.WEATHER BUREAU é o mais prático e representa um método climatológico acurado, de aplicação prática para estimar a evapotranspiração potencial.

A utilização de tanque evaporimétrico para avaliar a evapotranspiração é um método de grande valia, sendo prática rotineira em Israel para controle de irrigações, considerando que a evaporação num tanque é proveniente do efeito integrado da radiação, vento, temperatura e umidade sobre uma superfície de água, e que a planta transpira influenciada por esses mesmos eventos meteorológicos, havendo porém diferenças nas perdas de água geradas por uma série de fatores. (VIEIRA, 1986)

Segundo PORTO (1986), evaporímetros são tanques que expõem à atmosfera uma superfície líquida de água permitindo a determinação direta da evaporação potencial diariamente. O mais utilizado é o tipo Classe A-USWB que é um tanque circular de aço galvanizado ou metal equivalente, com $\varnothing = 1,22$ m, $h = 30$ cm.

HARGREAVES (1974) citado por LUCHIARI JR (1978), afirma que dos métodos empíricos, o uso do 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.

2.5 - Equações Empíricas

As equações empíricas desenvolveram-se baseadas em pesquisas para obtenção de estimativas de evaporação de superfícies livres de água, do solo e de evapotranspiração de locais vegetados. A maior parte dessas equações foi obtida à nível de campo, com lisímetros, e sendo empregados elementos meteorológicos mais facilmente medidos como temperatura do ar, pressão de vapor, radiação solar, velocidade do vento, etc.

Dada a dificuldade de medições diretas da ET, vários climatologistas desenvolveram métodos correlacionando-a com alguns parâmetros meteorológicos, com o propósito de fornecer algum subsídio àqueles que necessitam desta determinação. Dentre os mais importantes e de uso mais generalizando tem-se os estudos de Penman, Thornthwaite e Blaney-Cridle (SCARDUA, 1986).

- Métodos baseados na temperatura média do ar

Estes métodos permitem correlacionar a evapotranspiração com a temperatura média do ar. (SCALOPI, 1972).

PELTON et alii (1960) citados por PADILHA JR (1986) concluíram que a temperatura média embora dependente da radiação solar e do calor advectivo, não se constitui uma medida adequada da energia disponível para a evapotranspiração devido ao atraso térmico.

THORNTHWAITE (1948), citado por PADILHA JR (1986), correlacionou a temperatura do ar média mensal com a evapotranspiração determinada por balanço hídrico em estudo nos vales do leste central americano, de clima úmido. Apesar da temperatura do ar ser facilmente obtida e bastante utilizada é contudo imprecisa em áreas irrigadas de regiões áridas e semi-áridas.

DECKER (1962) encontrou valores aproximados entre a evapotranspiração medida e a estimada pelo método de Thornthwaite, para a cultura do milho. (VILLA NOVA e REICHARDT, 1989)

O método de BLANEY-CRIDDLE (1950) citado por PADILHA JR (1986), descreve o procedimento para estimativas de evapotranspiração obtido

para o Este americano, através de correlação entre temperatura média mensal do ar, porcentagem mensal de horas de brilho solar e a atividade de desenvolvimento dos cultivos com adequadas umidades do solo. DOORENBOS e PRUITT (1977) apresentaram modificações para este método com a introdução dos dados de umidade relativa, velocidade do vento, e insolação relativa. A facilidade de cálculo e a utilização de dados realmente disponíveis, permitiram o uso extensivo deste método, principalmente em áreas onde os dados de uso consuntivo não são frequentemente determinados. SILVA et alii (1978) apresentaram um outro método baseado na temperatura, através de correlação com resultados observados em evapotranspirômetros com cobertura de gramão. Segundo SCARDUA (1986), a equação de Blaney & Criddle (1950) é uma das mais usadas para estimar a evapotranspiração das culturas; foi desenvolvida nas regiões áridas e a sua aplicação nas regiões úmidas tem sido objeto de alguma crítica, devido às diferenças de clima entre elas. Sabe-se dos inúmeros fatores que influem no processo da evapotranspiração, mas Blaney & Criddle estabeleceram uma aproximação que envolve a temperatura (t) e a porcentagem de insolação (p) como variáveis climáticas para estimar o efeito do clima na evapotranspiração. Esta equação é provavelmente a mais conhecida dos métodos de estimativa de evapotranspiração. Tem basicamente 3 formas: a versão original, a modificação da SCS (Soil Conservation Service) e a modificação da FAO (Food and Agriculture Organization) (DIVISION OF PLANNING TECHNICAL SERVICES, 1983).

- Métodos baseados na Umidade Relativa do Ar

Um dos parâmetros mais antigos usados para estimar a evaporação potencial é o déficit de saturação de umidade do ar. Neste método a pressão de vapor do ar atmosférico é correlacionada ao fluxo evaporativo. Segundo TANNER (1968), citado por SCALOPI (1972), a pressão de vapor além de ser um dado pouco disponível, apresenta baixa correlação com a radiação solar.

HARGREAVES (1968) utilizou dados de evaporação do tanque Classe A, do USWB, para estimar o uso consuntivo de culturas, tendo obtido uma expressão a partir de um coeficiente mensal para o comprimento do dia, da temperatura média mensal, da umidade relativa média mensal e de um coeficiente de cultura variável em função do ciclo de desenvolvimento do cultivo.

HARGREAVES (1974) utilizou um menor número de dados climáticos obtidos por correlação de dados observados em lisímetros de pesagem de várias localidades mundiais. Obteve-se uma equação em função de fator mensal dependente da latitude, temperatura média e coeficiente para umidade relativa. Segundo CAMPOS (1983), é a equação mais adequada para a região semi-árida do Nordeste Brasileiro.

- Métodos baseados na Radiação

Segundo PADILHA JR (1986), JENSEN e HAISE (1963) derivaram uma fórmula a partir de evapotranspiração de culturas obtidas pelo método de amostragem do solo correlacionados linearmente com a radiação de amostragem solar e temperatura média, para o Oeste Americano. Realizaram análises de coeficientes de culturas em função da porcentagem do ciclo de desenvolvimento, através do índice de área foliar.

HARGREAVES (1974) apresenta uma fórmula empírica para estimativa da evapotranspiração potencial a partir da temperatura e radiação que podem prever 94% da variação de ETP para valores de 5 dias.

SILVA et alii (1978) obtiveram uma equação que define evapotranspiração potencial a partir da temperatura média e radiação solar, denominado no presente trabalho de CCA-2.

- Métodos Combinados

São definidos por combinados, os métodos resultantes de análise de correlação de resultados experimentais, sendo alguns com uso de lisímetros, com

dados meteorológicos, como temperatura, umidade, radiação solar líquida e velocidade do vento.

O método de PENMAN citado por VILLA NOVA e REICHARDT (1989) é considerado o melhor pois estima a evapotranspiração de culturas em função das condições atmosféricas do local. Devido ter sido criada para o clima da Inglaterra, esse método subestima as taxas evaporativas para a região semi-árida brasileira.

Outros métodos combinados, ou seja, que consideram vários elementos, como o da FAO que obtém a evapotranspiração da cultura a partir da radiação solar e da evaporação do tanque Classe A, do USWB.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Caracterização do Experimento

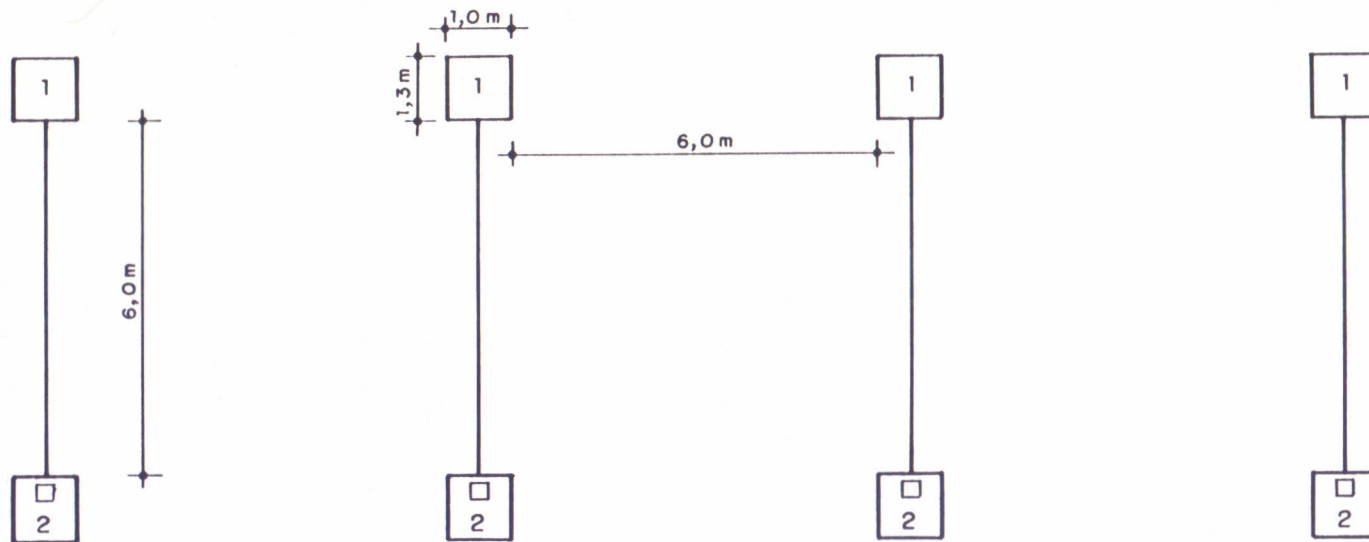
O experimento foi conduzido na área irrigada do Laboratório de Hidráulica e Irrigação, pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, no município de Fortaleza, estado do Ceará, situado a uma altitude de 19,5 m e com 3°44'S de latitude e 38°33'W de longitude.

A região apresenta valores médios anuais de precipitação de 1.578 mm, temperatura de 26,5°C e umidade relativa do ar de 80%, conforme os dados fornecidos pela Estação Agrometeorológica do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, situada a 100 m da área do experimento.

O solo da área irrigada do laboratório de Hidráulica e Irrigação é classificado como Podzólico Vermelho Amarelo, textura indiscriminada, segundo os critérios da Legenda Brasileira de Classificação do Solo.

3.2 - Instalação do Experimento

Instalou-se um conjunto de quatro lisímetros, constituídos de tanques (vide Figura 1), de cimento amianto com 1,30 m de comprimento, 1,10 m de largura e 0,65 m de profundidade, dando um volume de 0,93 m³. Tentou-se, no preen-



LEGENDA

- 1 LISÍMETRO
- 2 CAIXAS DOS COLETORES
- COLETORES

FIGURA 1 DETALHE DA ÁREA DO EXPERIMENTO APRESENTANDO A LOCALIZAÇÃO DOS 04 (QUATRO) LISÍMETROS.

chimento dos lisímetros obter a maior semelhança possível com as condições naturais do solo, tendo-se o cuidado de repor as camadas de solo dentro do lisímetro de maneira análoga a ocorrência natural das mesmas. As irrigações nos lisímetros ocorreram diariamente. A quantidade de água aplicada era suficiente para provocar percolação nos tanques.

O plantio nos lisímetros aconteceu após o preparo do solo (bordadura), onde se abriu nove covas por tanque.

Na semeadura do restante da área (50 x 50 m) obedeceu-se o espaçamento de 0,40 m entre as plantas e 1,00 m entre fileiras. Não foi necessário o replantio, pois a germinação ocorrida na bordadura foi tão satisfatória quanto a ocorrida dentro dos lisímetros.

A bordadura cuja finalidade é minimizar os "efeitos de bordo", teve tratamento diferenciado dos lisímetros, e estes receberam irrigações através de recipientes volumétricos (baldes) devidamente aferidos, enquanto que na área da bordadura, irrigava-se dentro da conveniência da depleção do solo.

Na Figura 2 encontra-se o esquema de um lisímetro instalado, onde se pode observar a disposição da brita e areia grossa, que é usada para facilitar a drenagem no fundo do tanque, e o tubo de percolação em PVC utilizado para transportar a água drenada aos coletores que se achavam em trincheiras abertas no solo, a uma distância de aproximadamente 6 metros.

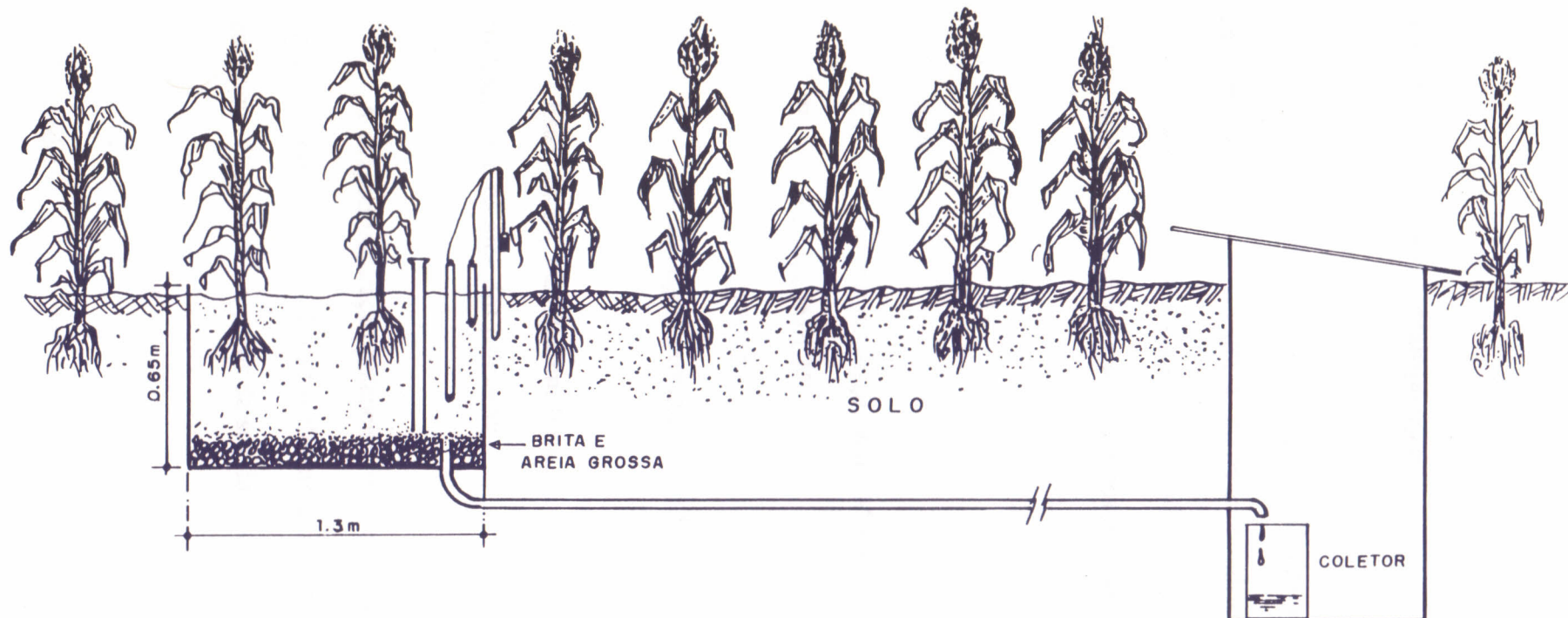


FIGURA 2 DETALHE DE UM LISÍMETRO INSTALADO NA ÁREA DO EXPERIMENTO

3.3 - Medição da Evapotranspiração

O consumo de água da cultura do milho para períodos diários através dos lisímetros foi determinado através do balanço hídrico onde os valores de entrada de água por irrigação ou chuva e de saída por percolação ou drenagem eram obtidos através de medidores volumétricos aferidos (provetas), onde:

$$ETR = P + I - D \quad (2)$$

onde:

ETR = evapotranspiração real [M°LT°]

P = chuva [M°LT°]

I = irrigação [M°LT°]

D = drenagem profunda [M°LT°]

Estes dados, medidos em litros, eram transformados em mm a partir do conhecimento da área dos lisímetros.

A evapotranspiração potencial foi determinada a partir do coeficiente de tanque K_t (obtido através de dados climatológicos diários) e da evaporação medida no tanque "Classe A", a partir da seguinte relação:

$$ETP = K_t \cdot E_v \quad (3)$$

onde:

ETP = evapotranspiração potencial no período considerado [M°LT°]

K_t = coeficiente do tanque "Classe A", obtido em tabela para cada localização com valores que variam em função da bordadura, umidade relativa do ar e velocidade do vento [$M^{\circ}LT^{\circ}$]

E_v = evaporação de água no tanque "Classe-A" no período considerado [$M^{\circ}LT^{\circ}$]

3.4 - Coeficientes de Cultura e de Irrigação

Com o resultado obtido para a evapotranspiração real e potencial, encontra-se os valores para os coeficientes de cultura pela seguinte relação:

$$K_c = ETR / ETP \quad (4)$$

onde:

K_c = coeficiente de cultura [$M^{\circ}LT^{\circ}$]

ETP = evapotranspiração potencial [$M^{\circ}LT^{\circ}$]

ETR = evapotranspiração real [$M^{\circ}LT^{\circ}$]

Quando da aplicação dos resultados obtidos em uma região de difícil obtenção dos dados, pode-se trabalhar com o coeficiente de irrigação (K_i), que permite o cálculo de ETR a partir de evaporação do Tanque "Classe A", multiplicada por este coeficiente. Sua obtenção facilmente é conseguida pelo produto de K_c e K_t , ou seja:

$$K_i = K_c \cdot K_t \quad (5)$$

3.5 - Estimativas de Evapotranspiração

3.5.1 - Método de Thornthwaite (1948)

Segundo VILLA NOVA & REICHARDT (1989), THORTWHAITE (1948), a partir de correlação entre dados de evapotranspiração medida e temperatura do ar, elaborou o seguinte método empírico:

$$ET_o = b \cdot (Tm)^a \quad (6)$$

sendo:

$$a = 67,5 \times 10^{-8} I^3 - 17,1 \times 10^{-6} I^2 + 0,01791 I + 0,492 \quad (7)$$

$$I = \sum_I^{12} \left(\frac{Tm}{5} \right)^{1,51} \quad (8)$$

onde:

$$b = \frac{N}{12} \text{ (fator de ajuste do comprimento do dia);}$$

ET_0 = evapotranspiração potencial, em mm/mês;

T_m = temperatura média anual, em °C;

a = uma função do índice de calor I ;

N = fotoperíodo, função da latitude e mês, em horas.

O Método de Thornthwaite sendo uma fórmula empírica perde alguma precisão, mais ainda é um dos métodos mais usados pois utiliza apenas a temperatura média do ar, e quando aplicado para períodos superiores a dez dias, sua estimativa é razoável (VILLA NOVA e REICHARDT, 1989).

Para facilitar o uso do método, CAMARGO (1966) citado por VILLA NOVA e REICHARDT (1989), resumiu as equações em tabelas de fácil aplicação, sendo necessário se conhecer apenas os dados de temperatura média diária e da temperatura média anual.

3.5.2 - Método de Penman (1948)

É o método combinado de maior importância pois é função de parâmetros climáticos obtidos normalmente em estações meteorológicas padrão e apresenta resultados excelentes.

A equação básica de Penman é dada por:

$$E = \frac{\Delta \cdot R_L + \rho \frac{C_p}{r_a} [es(t) - e]}{\Delta + \gamma} \quad (9)$$

onde:

- E = evapotranspiração real, em mm
- R_L = balanço de energia radiante sobre o sistema (radiação líquida) em milímetros de evaporação equivalente/dia;
- Δ = tangente a curva de tensão de saturação do vapor d'água no ponto temperatura média do ar. (função da temperatura);
- γ = constante psicrométrica, mmHg/°C;
- ρ = densidade do ar, kg/m³;
- C_p = calor específico do ar, Kcal/kg °K;
- $es(t)$ = pressão de saturação de vapor d'água a temperatura média do ar, mmHg;
- e = pressão parcial de vapor, mmHg;
- r_a = resistência aerodinâmica do ar (seg/m²), uma função da velocidade do vento.

Como a determinação precisa do valor da resistência do ar (r_a) depende da avaliação da rugosidade aerodinâmica da superfície que também é variável com a velocidade do vento, Penman estabeleceu uma relação empírica para eliminar " r_a " da seguinte forma: (VILLA NOVA e REICHARDT, 1989).

Fazendo:

$$\rho \frac{C_p}{r_a} = \gamma E_a \quad (10)$$

onde E_a é definido por:

$$E_a = 0,35 \left(1 + \frac{V}{160} \right) (es - e) \quad (11)$$

onde:

E_a = poder evaporante do ar à sombra (mm/dia)

V = veloc. do vento a 2 m acima da superfície evaporante, em km/dia;

$es - e$ = déficit de saturação do ar, em mmHg

Logo:

$$E = \frac{\Delta RL + \gamma E_a}{\Delta + \gamma} \quad (12)$$

A radiação líquida (RL) é estimada através da equação:

$$R_L = Q_o \left[a + b \frac{n}{N} \right] (1 - r) - \sigma \cdot T_a^4 \left(0,56 - 0,09 \sqrt{e} \right) \left[0,1 + 0,9 \frac{n}{N} \right] \quad (13)$$

onde:

Q_o = radiação solar diária em função do mês e latitude do local, recebida no limite mais externo da atmosfera;

a e b = parâmetros da regressão $Q_o \frac{n}{N}$.

Para as condições do estudo $a=0,32$ e $b=0,31$ (PADILHA JR, 1986);

r = poder refletor da superfície evaporante

σ = constante de Stefan Boltzman

e = valor médio da pressão de vapor diário (mmHg)

sendo:

$$e = \frac{\overline{UR}}{100} \cdot es(t) \quad (14)$$

n = número de horas de insolação do período;

N = fotoperíodo (horas) dependente do mês e da latitude do local.

3.5.3 - Método de Blaney-Criddle (1950)

Segundo BERNARDO (1982), esse método foi desenvolvido relacionando-se os valores reais de evapotranspiração com o produto da temperatura média mensal pela porcentagem mensal das horas anuais de luz solar, ou seja:

$$U = K.(0,457T + 8,13) \cdot P \quad (15)$$

onde:

U = evapotranspiração mensal, em mm;

T = temperatura mensal, em °C;

P = percentagem mensal das horas anuais de luz solar;

K = coeficiente da cultura

Os valores de P variam em função de latitude e os valores de K variam com o tipo de cultura, com os estádios de desenvolvimento da planta e com a região do experimento.

3.5.4 - Método de Ivanov (1954)

A temperatura média mensal e umidade relativa do ar, são os parâmetros climáticos utilizados neste método para estimar a evapotranspiração de culturas.

A expressão utilizada é a seguinte:

$$ETP = 0,0018 (15 + t_i)^2 (100 - UR) \quad (16)$$

onde:

ETP = evapotranspiração potencial mensal, em mm;

t_i = temperatura média mensal, em °C

UR = umidade relativa do ar média mensal

JENSEN (1973) e DORFMAN (1977) citados por PADILHA JR (1986) fazem referências de utilização do método de Ivanov.

3.5.5 - Método de Jensen-Haise (1963)

O Método de Jensen-Haise (1963) foi desenvolvido para estimar a evapotranspiração que se produz em períodos de uma semana, em função dos registros de radiação solar (R_s) (GRASSI, 1968). Jensen e Haise obtiveram uma fórmula para evapotranspiração potencial em função da radiação solar e da temperatura média em °F, que convertida em °C, apresenta-se da forma:

$$ETP = (0,078 + 0,0252 T) \cdot R_s \quad (17)$$

onde:

ETP = evapotranspiração potencial diária, em mm;

T = temperatura média do ar, em °C; e

R_s = radiação solar, em mm/dia.

3.5.6 - Método de Hargreaves 1 (1966)

HARGREAVES (1966) citado por GRASSI (1968) apresentou uma fórmula para cálculo do uso consuntivo em função da temperatura média, umidade relativa média ao meio-dia e da duração do dia dependendo da latitude. Depois foi

introduzido um fator adicional de correção à fórmula que leva em conta o efeito do cultivo.

A fórmula é dada por:

$$ETR = 17,37 \cdot K_c \cdot d \cdot T \cdot (1,0 - 0,01 H_n) \quad (18)$$

onde:

ETR = evapotranspiração (mm);

K_c = coeficiente empírico do cultivo;

d = coeficiente de duração do dia (mensal);

T = temperatura média mensal, em °C;

H_n = umidade relativa média mensal, ao meio-dia.

O coeficiente “d” está relacionado com o coeficiente “p”, porcentagem mensal de horas de luz utilizado na fórmula empírica de Blaney-Criddle.

$d = 0,12 p$, sendo p função da latitude e do mês do ano.

O valor de H_n é apresentado por AL BARRAK (1964) citado por GRASSI (1968), de acordo com a expressão:

$$H_n = 1,0 + 0,4 H + 0,004 H^2 \quad (19)$$

onde:

H = umidade relativa média de 24 horas

3.5.7 - Método de Eagleman (1971)

Este método foi apresentado por EAGLEMAN (1967), citado por PADILHA JR (1986), após desenvolvimento de estudos de evapotranspiração potencial e real, relacionados com a evaporação do tanque Classe A, da USWB, nos EUA.

O método utiliza somente dados de temperatura média e umidade relativa do ar, e estima a evapotranspiração real da cultura para períodos diários.

É calculada pela expressão:

$$ETR = 0,0292 \cdot CR \cdot ES \cdot (100 - UR)^{0,5} \quad (20)$$

onde:

ETR = evapotranspiração real diária, em mm;

CR e ES = coeficientes de cultura e de pressão de vapor, a seguir descritos; e

UR = umidade relativa do ar.

Para o cálculo de CR, utiliza-se a expressão:

$$CR = 0,2 + 0,0133 (1,8 t + 32) \quad (21)$$

Sendo CR = 1,13 para $t (^{\circ}C) > 7^{\circ}C$

Para o cálculo de ES, utiliza-se a expressão:

$$ES = 6,1078 \cdot 2,71828^{(EXP)} \quad (22)$$

sendo:

$$(EXP) = [17,2693882 \cdot (T - 273,16/T - 35,86)] \quad (23)$$

$$T = t (^{\circ}\text{C}) + 273,16 \quad (24)$$

3.5.8 - Método de Hargreaves 2 (1974)

HARGREAVES (1974) apresenta uma expressão baseada em um fator mensal que depende da latitude, da temperatura média mensal e de coeficiente para umidade relativa para estimativas mensais. A seguir apresenta-se a fórmula:

$$ETP = TF \cdot CH \cdot MF \quad (25)$$

onde:

ETP = evapotranspiração potencial mensal, em mm;

TF = temperatura média mensal, em $^{\circ}\text{F}$;

CH = coeficiente de correção da umidade relativa; e

MF = fator dependente da latitude.

sendo:

$$CH = 0,166 (100 - UR)^{0,5} \quad (26)$$

onde:

UR = umidade relativa diária média. Sempre que $UR < 64\%$, o fator
CH = 1.

$$TF = 32 + 1,8 T (^{\circ}C) \quad (27)$$

Este método foi obtido de estudos de correlação de elementos meteorológicos com dados de evapotranspiração obtidos para lisímetros com grama.

3.5.9 - Método da FAO-Tanque Classe A (1977)

O método FAO-Tanque Classe A apresenta a relação:

$$ETP = K \cdot E_v \quad (28)$$

onde:

ETP = evapotranspiração potencial da cultura, em mm;

E_v = evaporação do tanque Classe A, em mm;

K = coeficiente definido em função das condições locais circundantes ao tanque (K_f) e em função do tipo e estágio de desenvolvimento da cultura (K_c), pela equação:

$$K = K_f \cdot K_c \quad (29)$$

Esse método envolve dados locais de umidade relativa do ar, velocidade do vento, e insolação, que influem na evaporação obtida através do tanque Classe A, USWB.

3.5.10 - Método da Radiação Solar (1977)

O Método da Radiação Solar pode ser considerado como uma boa aproximação do método de Penman, em termos mais simplificados, sendo também recomendado como padrão pela FAO. As equações básicas são as seguintes: VILLA NOVA e REICHARDT (1989).

$$ET_0 = C.W.R_s \quad (30)$$

$$R_s = \frac{Q_0}{59} \left(0,32 + 0,31 \frac{n}{N} \right) \quad (31)$$

onde:

- ET_o = evapotranspiração de referência, em mm/dia;
 W = fator que representa a parte fracional de R_s que é utilizada na evapotranspiração;
 R_s = radiação solar estimada, em mm/dia;
 Q_o = constante solar diária, em mm/dia;
 N = fotoperíodo, função do mês e latitude do local;
 n = insolação diária, em horas;
 C = coeficiente angular da regressão $ET_o \times WR_s$

3.5.11 - Método do Centro de Ciências Agrárias - CCA 1 (1978)

Esse método desenvolvido em Fortaleza-Ce, foi obtido a partir de estudos de evapotranspiração potencial com grama em evapotranspirômetros do tipo Thornthwaite, segundo PADILHA JR (1986). É função da temperatura média do mês, em °C e utiliza a seguinte expressão (SILVA et alii, 1978):

$$ETP = 27,3 \cdot t_i - 585 \quad (32)$$

ETP = evapotranspiração potencial mensal, em mm; e

t_i = temperatura média do mês, em °C.

3.5 Este método possui como restrição a temperatura que deve ser superior a 25°C, tendo sido utilizado para estimar o balanço hídrico na região de Uruburetama-Ce.

3.5.12 - Método do Centro de Ciências Agrárias - CCA 2 (1978)

Foi obtida por derivação de resultados de estimativa de evapotranspiração com lisímetros, correlacionados com dados meteorológicos desenvolvidos por SILVA et alii (1978) em Fortaleza-Ce.

Esse método utiliza a temperatura média do ar e radiação solar, conforme a fórmula:

$$ETP = 26,1.T + 0,0014 R_s - 572 \quad (33)$$

ETP = evapotranspiração potencial mensal, em mm;

T = temperatura média mensal, em °C; e

R_s = radiação solar média, em cal/cm².

3.6 - Modelo Matemático Utilizado na Classificação dos Métodos Analisados

Utilizou-se um modelo matemático para processamento de análises estatísticas dos valores de evapotranspiração obtidos em campo correlacionados com os valores estimados pelos métodos empíricos analisados.

Os resultados da evapotranspiração obtidos nos lisímetros foram tomados como referência - ETR. Os critérios utilizados na classificação dos métodos foram descritos por LEGARDA e FORSYTHE (1972), JENSEN (1973) e DORFMAN (1977) citados por PADILHA JR (1986). Utilizou-se 2 critérios:

- critérios de paralelismo - através das equações de regressão linear em função do tempo, análise de correlação de dados medidos de evapotranspiração com os dados estimados pelos métodos e dos coeficientes de determinação (r^2);
- critérios de concordância - estimativa dos parâmetros de erro padrão (RMS) e de diferença percentual (K).

Paralelismo:

Obteve-se as equações de regressão linear da evapotranspiração medida e calculada em função do tempo conforme a equação geral seguinte:

$$ET = A + B.t \quad (34)$$

onde:

ET = evapotranspiração estimada ou calculada pelo método ou lisímetro, em mm;

t = período de tempo, em dias; e

A,B = coeficientes de equação de regressão

As equações de regressão linear permitem a obtenção de valores de r^2 (coeficiente de determinação) e de r (coeficiente de correlação), que possibilitam verificar o grau de ajuste entre os valores correlacionados.

Concordância:

Obteve-se para cada método a ser testado, os valores de erro padrão (RMS) e da diferença percentual (K), conforme as expressões:

Erro Padrão (RMS)

$$RMS = \left[\frac{\sum (ET - ETR)^2}{N} \right]^{0,5} \quad (35)$$

onde:

ET = evapotranspiração estimada pelo método, em mm;

ETR = evapotranspiração real do milho obtido em campo, em mm; e

N = número de períodos utilizados

Diferença Percentual (K)

$$K = \frac{\sum ET}{\sum ETR} \quad (36)$$

A diferença percentual obtida pela expressão (36) apresenta o quanto os dados estimados se relacionam com os elementos observados experimentalmente. O melhor método é aquele que os valores observados se aproximam mais dos valores reais - ETR, com K apresentando um valor muito próximo de 1.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Estimativas de Evapotranspiração do Milho

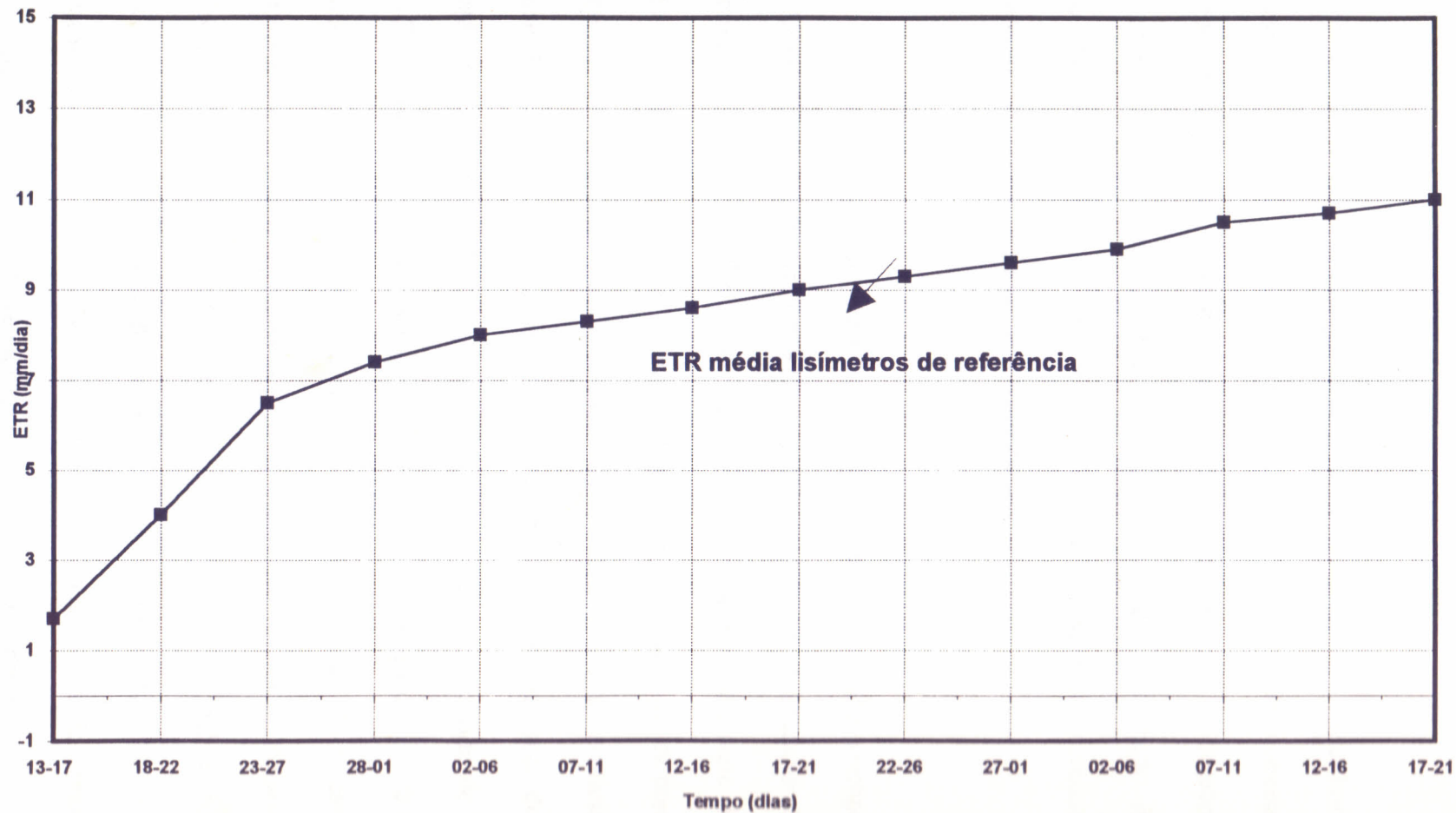
O cultivo controlado do milho (*Zea mays*, L.) aconteceu durante 94 dias, abrangendo o intervalo de 10 de agosto a 12 de novembro de 1992, tendo sido utilizado para os cálculos do presente trabalho os dados compreendidos entre 13 de agosto a 21 de outubro, totalizando 70 dias, os quais foram divididos em 3 (três) períodos. O plantio nos lisímetros ocorreu no dia 14 de agosto e o da bordadura 7 (sete) dias após. O primeiro período abrangeu os 10 (dez) primeiros dias e os segundo e terceiro períodos os 60 (sessenta) dias subseqüentes, tendo cada período 30 (trinta) dias respectivamente. Essa divisão em períodos de 10, 30 e 30 dias foi baseada em análise feita a partir dos dados coletados em campo.

A determinação dos componentes do balanço hídrico foi concebida a partir da soma da precipitação e do volume de água aplicado diariamente e da subtração do volume de água drenado, coletado e aferido todos os dias. Os valores do balanço hídrico são apresentados na Tabela 1 e representam a média dos 4 lisímetros. Para os três períodos considerados houve contribuição tanto de precipitação quanto da irrigação aplicada nos lisímetros. A Figura 3 apresenta os valores da evapotranspiração real para tempos correspondentes a 5 dias. Para

TABELA 1 - BALANÇO HÍDRICO DA CULTURA DO MILHO (*Zea mays*, L) OBTIDO COM LISÍMETROS DE DRENAGEM - ANO 1992 (Média dos 4 Lisímetros)

INTERVALOS	PERÍODO (dias)	PRECIPITAÇÃO (mm)	IRRIGAÇÃO (mm)	DRENAGEM (mm)	EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL		
					PERÍODO (mm)	ACUMULADA (mm)	DIÁRIA (mm/dia)
13/08 a 22/08	10	15,5	56,0	43,0	29,0	29,0	2,9
23/08 a 21/09	30	8,4	307,0	65,0	242,0	271,0	8,1
22/09 a 21/10	30	3,3	363,7	62,0	305,0	576,0	10,2

FIGURA 3 - EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL MÉDIA DIÁRIA DE 5 DIAS PARA OS LISÍMETROS NO PERÍODO DE 13/08 A 21/10/92 PARA CULTURA DO MILHO (*Zea mays*, L) (Média dos 4 lisímetros)



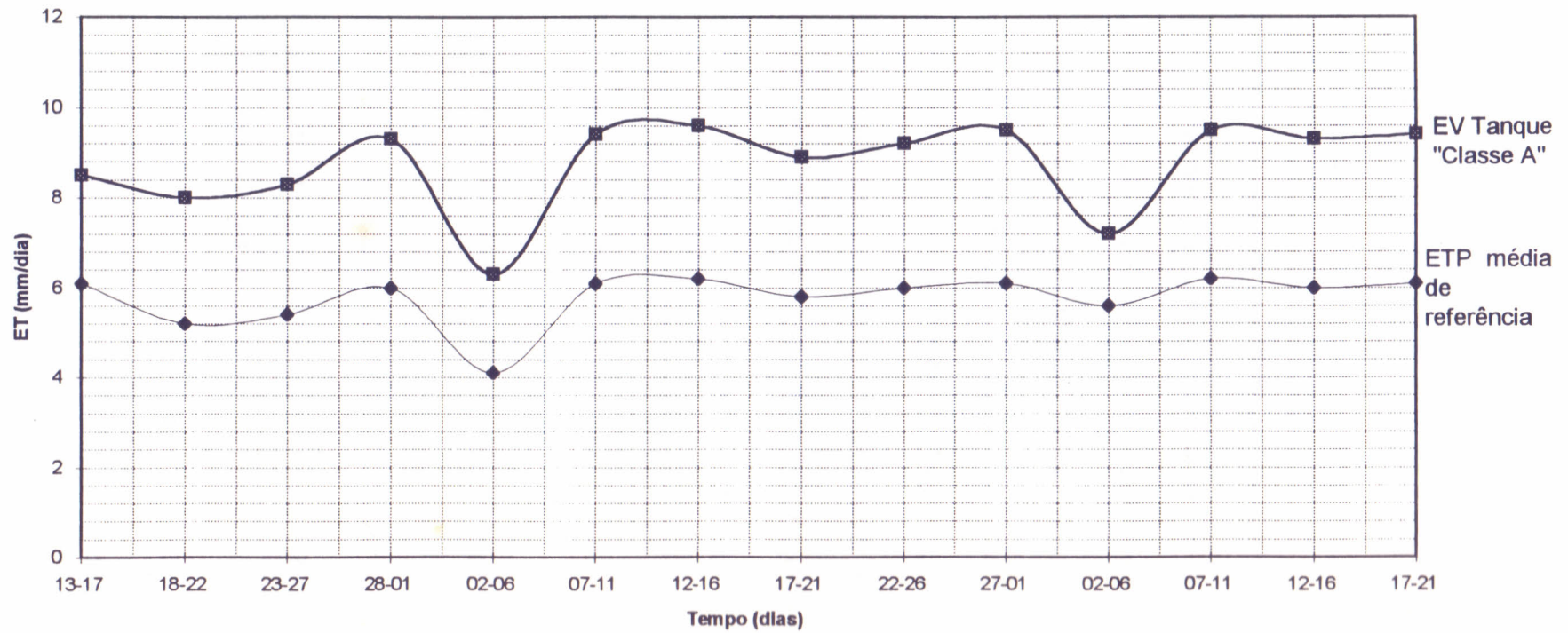
a fase que engloba a germinação e o crescimento vegetativo da cultura, que corresponde até o dia 1º de setembro, observou-se um acréscimo constante da evapotranspiração real. Para o período de 2 de setembro a 2 de outubro, que corresponde à fase de floração, observou-se um patamar de estabilização. A partir dessa data até o fim do experimento, ocorreu um pequeno acréscimo na evapotranspiração correspondente à frutificação.

A evapotranspiração potencial foi calculada baseada no método empregado por DORENBOOS e PRUITT (1977), a partir de dados de evaporação de água do tanque "Classe A", USWB, corrigida por um coeficiente de tanque (K_t) que varia em função da velocidade do vento, da umidade relativa do ar, da bordadura do tanque e da existência ou não de cobertura vegetal. O valor do coeficiente de tanque (K_t) encontrado para os 3 períodos foi 0,65, tendo a velocidade do vento variado de 441,5 a 545 km/dia, e a umidade relativa do ar variado de 79% a 80,4% nos meses de agosto, setembro e outubro, com bordadura de 10 m sem grama. Os valores de evaporação e evapotranspiração potencial são apresentados na Tabela 2 e na Figura 4, tendo-se para os 3 períodos valores da evaporação e da evapotranspiração da ordem de 8,3, 8,4 e 9,2 e 5,4, 5,5 e 6,0 mm respectivamente. Observou-se que os valores de evapotranspiração potencial são relativamente baixos e isso se deve ao baixo valor do coeficiente de tanque, face aos elementos climáticos da região. AZEVEDO (1993) obteve valores para a cultura do milho que variavam no intervalo de 5,24 mm/dia a 6,81 mm/dia e

TABELA 2 - VALORES DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DO TANQUE "CLASSE A", USWB, EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL, EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL E COEFICIENTE DE CULTURA PARA O MILHO (*Zea mays*, L) E COEFICIENTE DE IRRIGAÇÃO

INTERVALOS	PERÍODOS (mm)	EVAPOR. TANQUE "CLASSE A"		Kt	EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL		EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL		Kc (-)	Ki (-)
		PERÍODO (mm)	DIÁRIO (mm/dia)		PERÍODO (mm)	DIÁRIO (mm/dia)	PERÍODO (mm)	DIÁRIO (mm/dia)		
13/08 a 22/08	10	82,8	8,3	0,65	53,8	5,4	28,5	2,9	0,53	0,33
23/08 a 21/09	30	253,0	8,4	0,65	164,6	5,5	242,0	8,4	1,47	0,96
22/09 a 21/10	30	277,0	9,2	0,65	180,0	6,0	305,0	10,2	1,70	1,10
TOTAL	70	612,8	8,7	0,65	398,4	5,6	575,5	7,1	1,23	0,80

FIGURA 4 - EVAPORAÇÃO TANQUE "CLASSE A", USWB, DIÁRIA MÉDIA DE 5 DIAS E EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL DIÁRIA MÉDIA DE 5 DIAS NO PERÍODO DE 13/08 A 21/10/92 COM $K_t = 0,65$ PARA A CULTURA DO MILHO (*Zea mays*, L)



MARCA (1985) apresentou valores que iam de 5,64 a 6,50 mm/dia para o consórcio feijão-milho-algodão.

A partir dos valores estimados da evapotranspiração potencial e dos valores obtidos da evapotranspiração real, calculou-se o coeficiente de cultura para cada período observado. No estágio inicial da cultura o valor do coeficiente foi de 0,53 crescendo a 1,47 no período de desenvolvimento vegetativo, chegando a 1,70 no período de floração e frutificação e, apresentando um valor médio de 1,20. Os valores encontram-se apresentados na Tabela 2. Estes valores podem ser considerados muito elevados quando comparados com os de REICHARDT e VILLA NOVA (1989) que apresentam valores médios de K_c para a cultura do milho de 0,88 correspondendo aos períodos de emergência até maturação, AZEVEDO (1993) com valor médio de K_c da ordem de 0,9 e MARCA (1985) que obteve o $K_c = 0,80$ para o milho em experimento com consórcio de 3 culturas.

SAUNDERS (1983) apresenta um novo coeficiente de irrigação - K_i , que pode ser aplicado diretamente à evaporação do tanque "Classe A", USWB, para se obter a evapotranspiração real (ETR) da cultura, sem necessitar do cálculo do K_c para a região onde foi desenvolvido o experimento ou similar.

Os valores deste coeficiente se encontram na Tabela 2 e seus valores extremos variam de 0,33 a 1,10 para período de crescimento e de floração respectivamente.

4.2 - Comparação entre Métodos de Estimativa de Evapotranspiração

O cálculo da evapotranspiração de cultivo para os diversos métodos empíricos obtido através das equações (6) a (33), foi feito com o objetivo de testar e correlacionar os valores obtidos de evapotranspiração real (ETR), medidos em lisímetros e utilizados como referência. Para isso foram selecionados alguns métodos nos quais usou-se variáveis meteorológicas obtidas em campo, que estão apresentados na Tabela 3. Um resumo das variáveis necessárias para o cálculo da evapotranspiração de cada método selecionado é apresentado na Tabela 4. Na Tabela 5 apresentam-se os resultados da evapotranspiração calculada para os métodos considerados, além dos valores de evapotranspiração obtidos pelo método de referência (lisímetros). Observa-se que para o 1º período o método Hargreaves 2, Eagleman e Tanque Classe A apresentaram valores bastantes elevados em relação ao método de referência enquanto o método de Ivanov subestima esse valor. Para o 2º período, Ivanov e Hargreaves 1 subestimam muito o valor da evapotranspiração real enquanto que Hargreaves 2 superestima. No 3º período observa-se que Ivanov, Eagleman, Hargreaves 1 e Hargreaves 2 não apresentam bons resultados em relação ao lisímetro.

TABELA 3 - VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS OBTIDAS NA ESTAÇÃO AGROMETEOROLÓGICA DO CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ (ANO 1992)

MÊS	PERÍODO (dias)	RADIAÇÃO SOLAR (cal/cm ²)	INSOLAÇÃO (n)	UMIDADE RELATIVA (%)	TEMPERATURA DO AR (°C)			VELOCIDADE DO VENTO (km/h)	PRECIPITAÇÃO (mm)	EVAPORAÇÃO TANQUE A (mm/dia)
					MÉDIA	MÁXIMA	MÍNIMA			
AGOSTO	01-10	555	9,20	77,90	26,60	30,30	22,90	21,00	1,00	8,80
	11-20	411	6,30	81,95	26,00	29,70	22,60	18,20	21,20	7,90
	21-31	463	6,80	78,84	26,40	30,30	22,80	18,60	1,70	8,40
SETEMBRO	01-10	415	8,30	78,80	26,40	29,90	23,30	18,90	3,70	8,10
	11-20	400	9,00	77,90	26,40	30,10	23,10	20,50	1,10	9,40
	21-30	429	9,10	79,73	26,60	30,10	23,50	23,50	4,20	9,40
OUTUBRO	01-10	510	9,20	79,50	26,80	30,50	23,20	21,20	-	10,50
	11-20	465	9,40	77,60	26,90	30,30	24,10	23,90	1,00	8,90
	21-31	395	7,60	78,10	26,80	30,10	24,10	20,30	4,50	8,80

TABELA 4 - ELEMENTOS EMPREGADOS PARA A ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO NOS MÉTODOS UTILIZADOS

MÉTODOS E MODELOS	ANO	LOCAL	TEMPERATURA	UMIDADE DO AR	RADIAÇÃO	RADIAÇÃO LÍQUIDA	VELOCIDADE DO VENTO	PRESSÃO DE VAPOR	COEF. DE CULTURA	COEFICIENTE	BRILHO SOLAR	RESULTADOS
BLANEY-CRIDDLE	1950	USA	X								X	Uso consuntivo cultura, mensal
CCA-1	1978	FORT-CE	X									ETP, mensal
HARGREAVES 2	1974	USA	X	X						X		ET cultura, mensal
CCA 2	1978	FORT-CE	X		X							ETP, mensal
FAO-TANQUE C-A	1977	UNIVERSAL		X		X				X	X	ET cultura, diário
RADIAÇÃO SOLAR	1977	UNIVERSAL	X		X					X		ET cultura, diário
IVANOV	1954	URSS	X	X								ET cultura, cond. ótimas, mensal
EAGLEMAN	1971	USA	X	X								ET cultura, diário
HARGREAVES 1	1968	USA	X	X					X		X	ET cultura, mensal
THORNTHWAITE	1948	USA	X	X					X			ETP, mensal
JENSEN-HAISE	1963	USA	X			X						ET cultura, diário
PENMAN	1948	INGLATERRA	X			X	X	X	X	X	X	E _o , ET cultura, diário

TABELA 5 - EVAPOTRANSPIRAÇÃO (mm) OBTIDA DIRETAMENTE NOS LISÍMETROS, E ESTIMATIVAS DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO PELOS MÉTODOS EMPÍRICOS PARA OS 3 PERÍODOS CONSIDERADOS

PERÍODO (dias)	1 13/08 a 22/08	2 23/08 a 21/09	3 22/09 a 21/10
LISÍMETRO	28,50	242,00	305,00
IVANOV	10,35	94,50	115,30
EAGLEMAN	51,00	156,50	167,00
CCA 1	22,00	194,60	265,00
FAO TANQUE C-A	28,20	253,00	307,00
HARGREAVES 1	26,20	144,00	193,00
THORNTHWAITE	22,00	196,00	231,00
CCA 2	19,10	171,00	236,30
HARGREAVES 2	46,80	426,00	525,00
BLANNEY-CRIDDLE	28,00	238,60	290,40
RADIAÇÃO SOLAR	26,00	237,00	288,00
JENSEN-HAISE	34,00	281,00	347,00
PENMAN	30,10	278,00	342,00

O passo seguinte foi a definição das equações de regressão linear (vide Apêndice 1 e 2), correlacionando a evapotranspiração do cultivo e o tempo em períodos. No cálculo da regressão linear considerou-se duas situações: a) constante igual a zero ($y = Bx$) e b) constante diferente de zero ($y = A + Bx$) para o lisímetro e para cada método. As equações de regressão estão resumidas na Tabela 6 e os diagramas de dispersão são apresentadas nas Figuras 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12.

As equações de correlação linear mostraram-se bem ajustadas para a maioria dos métodos, apresentando coeficientes de determinação (r^2) próximos de 0,9. Dos métodos analisados, os que apresentaram valores de coeficiente de determinação mais próximo do valor obtido para o lisímetro ($r^2 = 0,910$), quando considerou-se $A \neq 0$ foram Ivanov ($r^2 = 0,892$), Fao-Tanque Classe A ($r^2 = 0,889$), Hargreaves 2 ($r^2 = 0,897$), Blaney-Criddle ($r^2 = 0,891$), Radiação Solar ($r^2 = 0,899$), Jensen-Haise ($r^2 = 0,900$) e Penman ($r^2 = 0,896$), enquanto que para $A = 0$ os melhores métodos foram CCA 1 ($r^2 = 0,851$), CCA-2 ($r^2 = 0,852$) e Hargreaves 1 ($r^2 = 0,885$).

Procedeu-se também uma análise estatística de correlação entre a evapotranspiração real estimada pelos métodos, ETR e a evapotranspiração real observada - ETR de referência, obtida diretamente do campo. (vide Apêndice 3 e 4). As equações de regressão linear dos valores de ETR dos métodos e de ETR de referência são apresentados na Tabela 7, assim como os coeficientes de determinação (r^2).

TABELA 6 - EQUAÇÕES DE REGRESSÃO LINEAR E COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO (r^2) DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL DO LISÍMETRO E DOS MÉTODOS EMPÍRICOS

MÉTODOS	EQUAÇÃO DE REGRESSÃO E COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO							
	ET _R EM FUNÇÃO DO TEMPO *							
	A	B	r ²	ERRO	A	B	r ²	ERRO
LISÍMETRO	-84,670	138,250	0,901	61,440	0,00	101,960	0,837	58,510
IVANOV	-31,570	52,470	0,892	25,860	0,00	38,940	0,823	23,408
EAGLEMAN	8,833	58,000	0,817	38,780	0,00	61,786	0,813	27,720
CCA 1	-82,467	121,500	0,944	41,720	0,00	86,157	0,851	48,240
FAO TANQUE CLASSE A	-82,730	139,400	0,889	69,730	0,00	103,940	0,822	62,430
HARGREAVES 1	-45,730	83,400	0,946	28,080	0,00	63,800	0,885	29,028
THORNTHWAITE	-59,300	104,500	0,872	56,740	0,00	79,070	0,811	48,600
CCA 2	-75,067	108,600	0,950	35,350	0,00	76,428	0,852	42,807
HARGREAVES 2	-145,600	239,100	0,897	114,390	0,00	176,700	0,826	105,287
BLANNEY-CRIDDLE	-76,730	131,200	0,891	64,830	0,00	98,314	0,826	57,990
RADIAÇÃO SOLAR	-78,330	131,000	0,889	65,310	0,00	97,430	0,821	58,720
JENSEN-HAISE	-91,930	156,300	0,900	73,403	0,00	116,900	0,834	67,110
PENMAN	-95,200	155,900	0,896	75,070	0,00	115,150	0,824	68,995

* EQUAÇÃO GERAL DA FORMA: $ET_R = A + B.t$ SENDO t OS INTERVALOS DOS PERÍODOS (dias)

FIGURA 5 - DIAGRAMAS DE DISPERSÃO DA ETR OBTIDA PELOS MÉTODOS FAO TANQUE CLASSE-A, HARGREAVES 1 E THORNTHWAITTE E DA ETR DE REFERÊNCIA EM mm, FUNÇÃO DO TEMPO EM dias ($A \neq 0$)

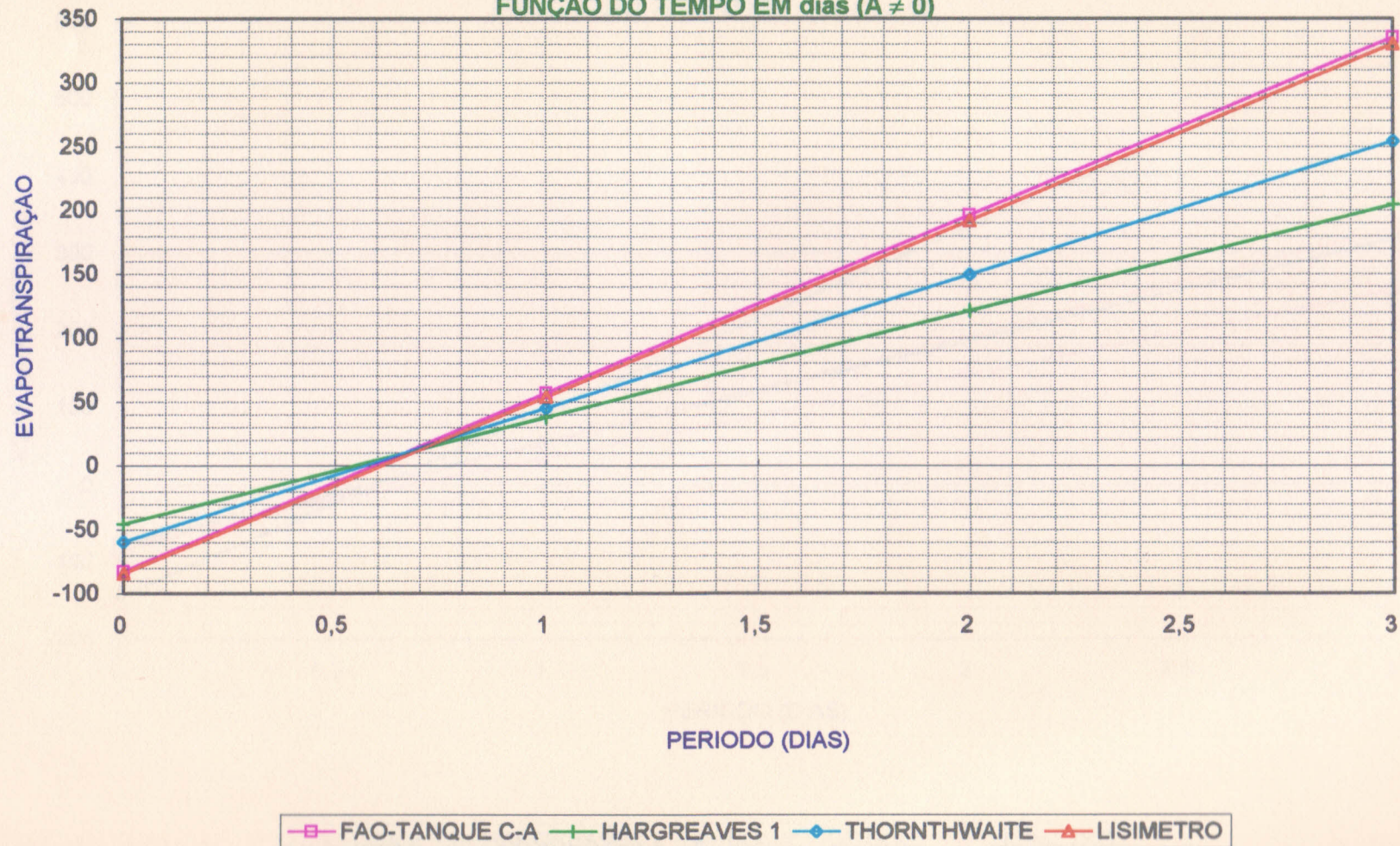
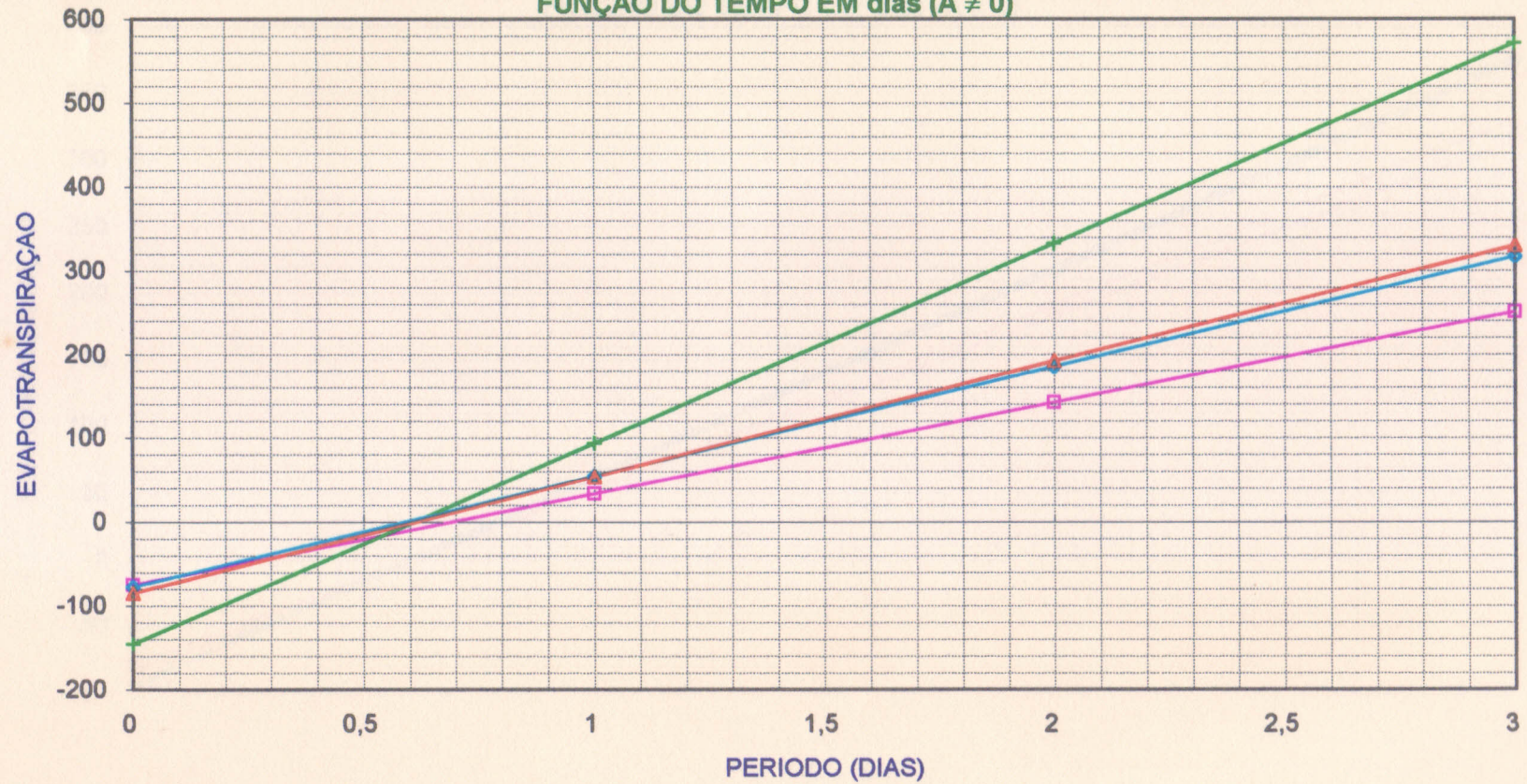
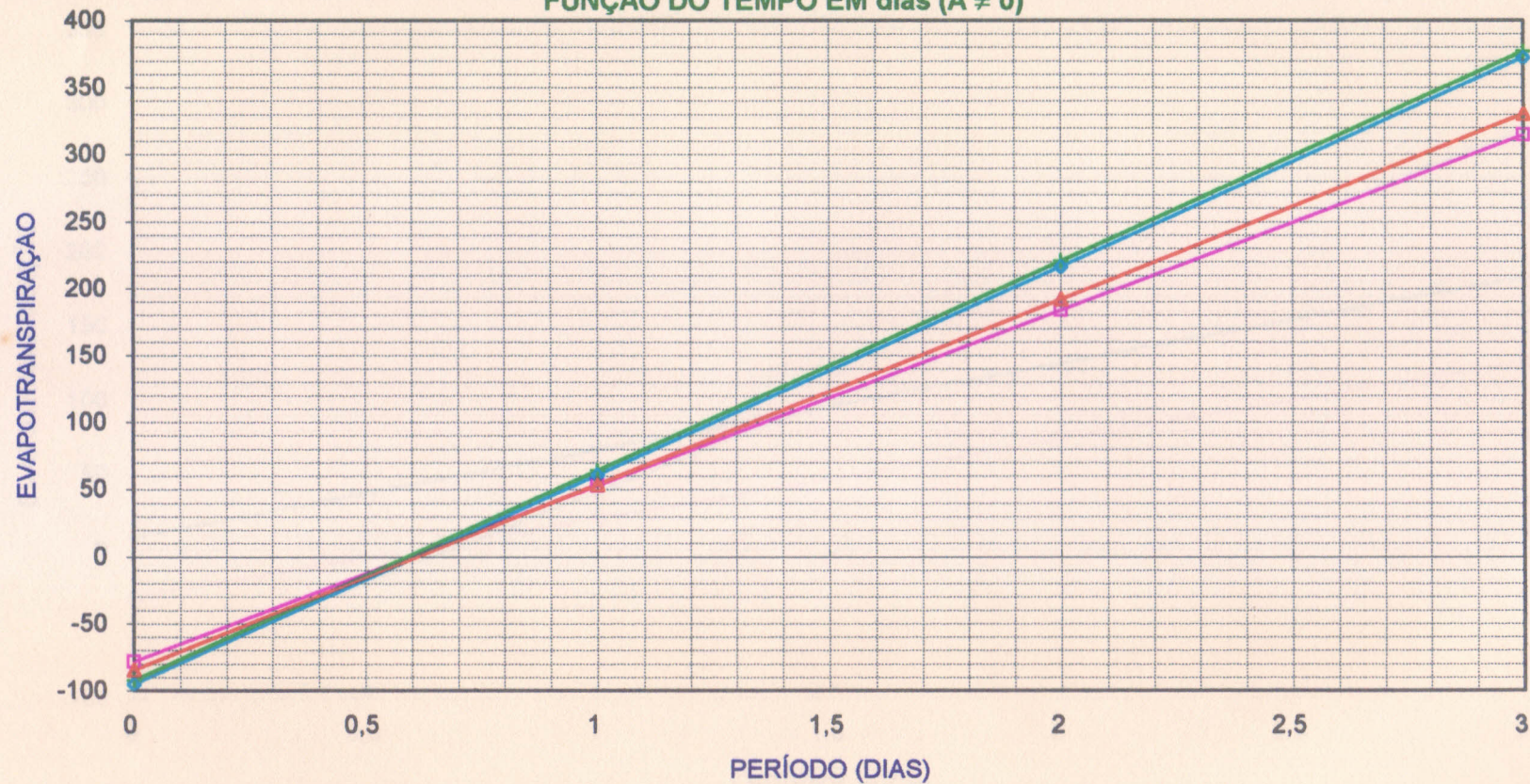


FIGURA 6 - DIAGRAMAS DE DISPERSÃO DA ETR OBTIDA PELOS MÉTODOS CCA-2, HARGREAVES 2 E BLANEY-CRIDDLE E DA ETR DE REFERÊNCIA EM mm, FUNÇÃO DO TEMPO EM dias ($A \neq 0$)



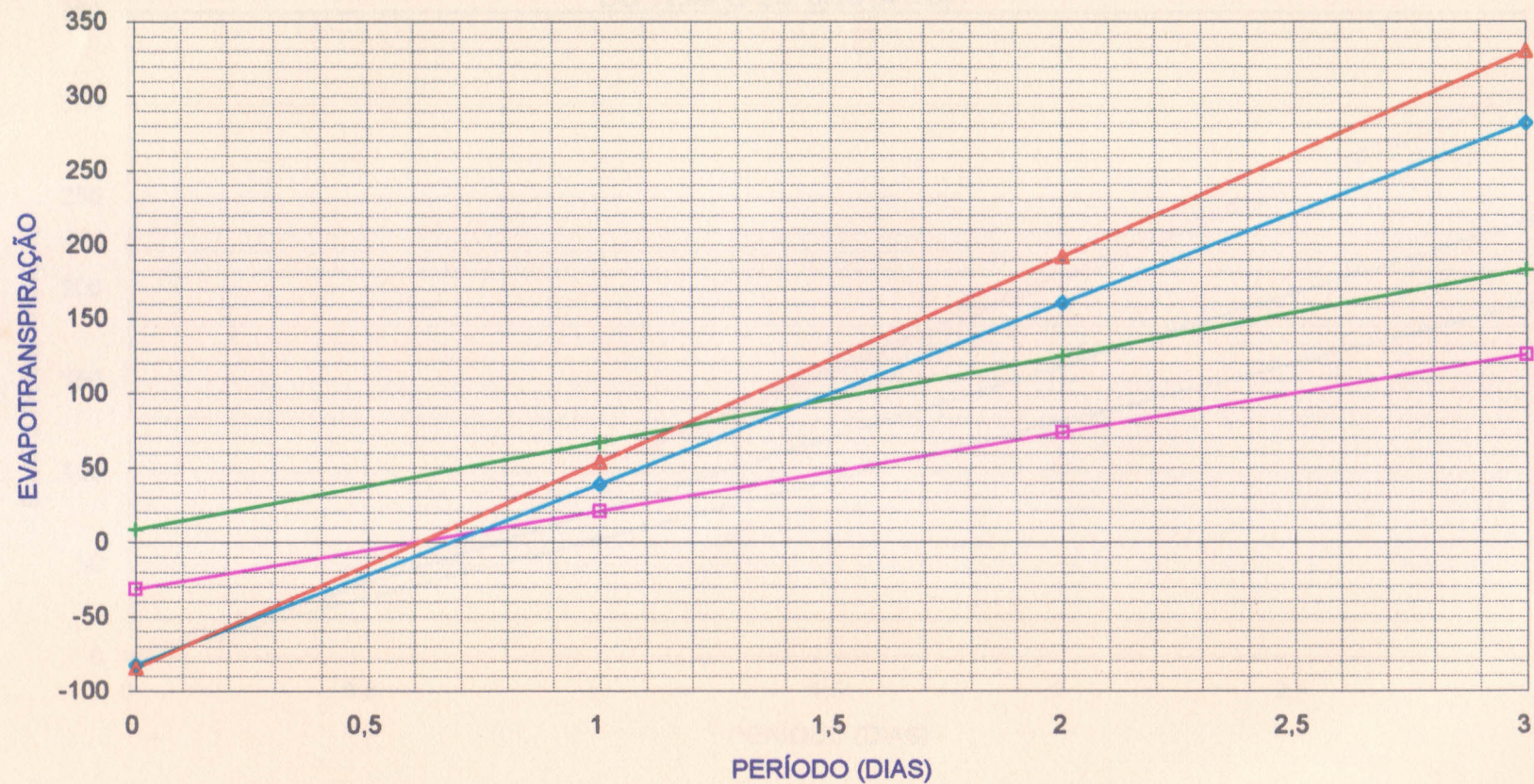
—□— CCA 2 —+— HARGREAVES 2 —◇— BLANEY-CRIDDLE —△— LISIMETRO

FIGURA 7 - DIAGRAMAS DE DISPERSÃO DA ETR OBTIDA PELOS MÉTODOS DA RADIAÇÃO SOLAR, JENSEN-HAISE E PENMAN E DA ETR DE REFERÊNCIA EM mm, FUNÇÃO DO TEMPO EM dias ($A \neq 0$)



—■— RADIAÇÃO SOLAR —+— JENSEN-HAISE —◆— PENMAN —▲— LISIMETRO

FIGURA 8 - DIAGRAMAS DE DISPERSÃO DA ETR OBTIDA PELOS MÉTODOS DE IVANOV, EAGLEMAN E CCA-1 E DA ETR DE REFERÊNCIA EM mm, FUNÇÃO DO TEMPO EM dias ($A \neq 0$)



—□— IVANOV —+— EAGLEMAN —◇— CCA 1 —△— LISIMETRO

FIGURA 9 - DIAGRAMAS DE DISPERSÃO DA ETR OBTIDA PELOS MÉTODOS FAO TANQUE CLASSE-A, HARGREAVES 1 E THORNTHWAITTE E DA ETR DE REFERÊNCIA EM mm, FUNÇÃO DO TEMPO EM dias (A = 0)

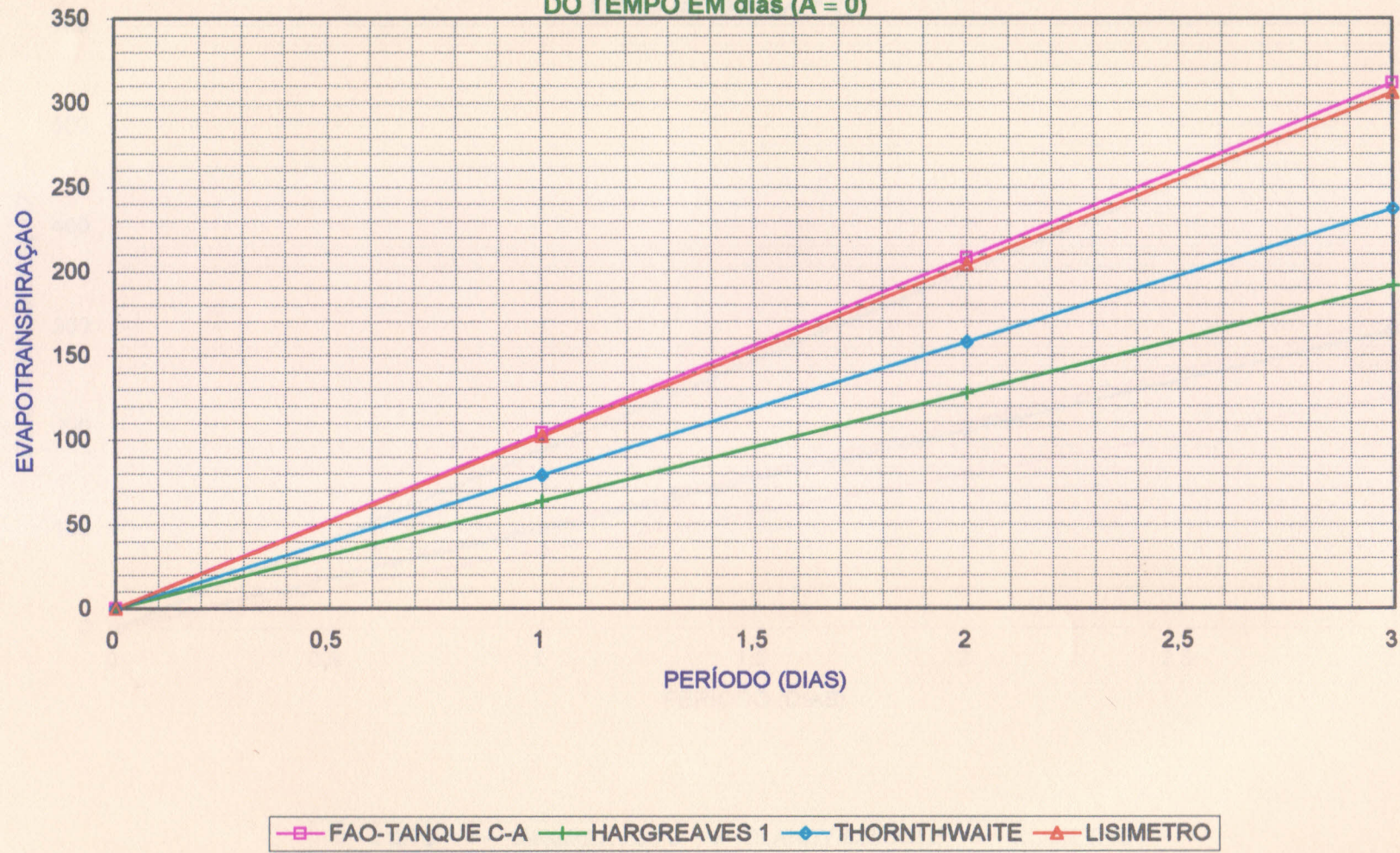
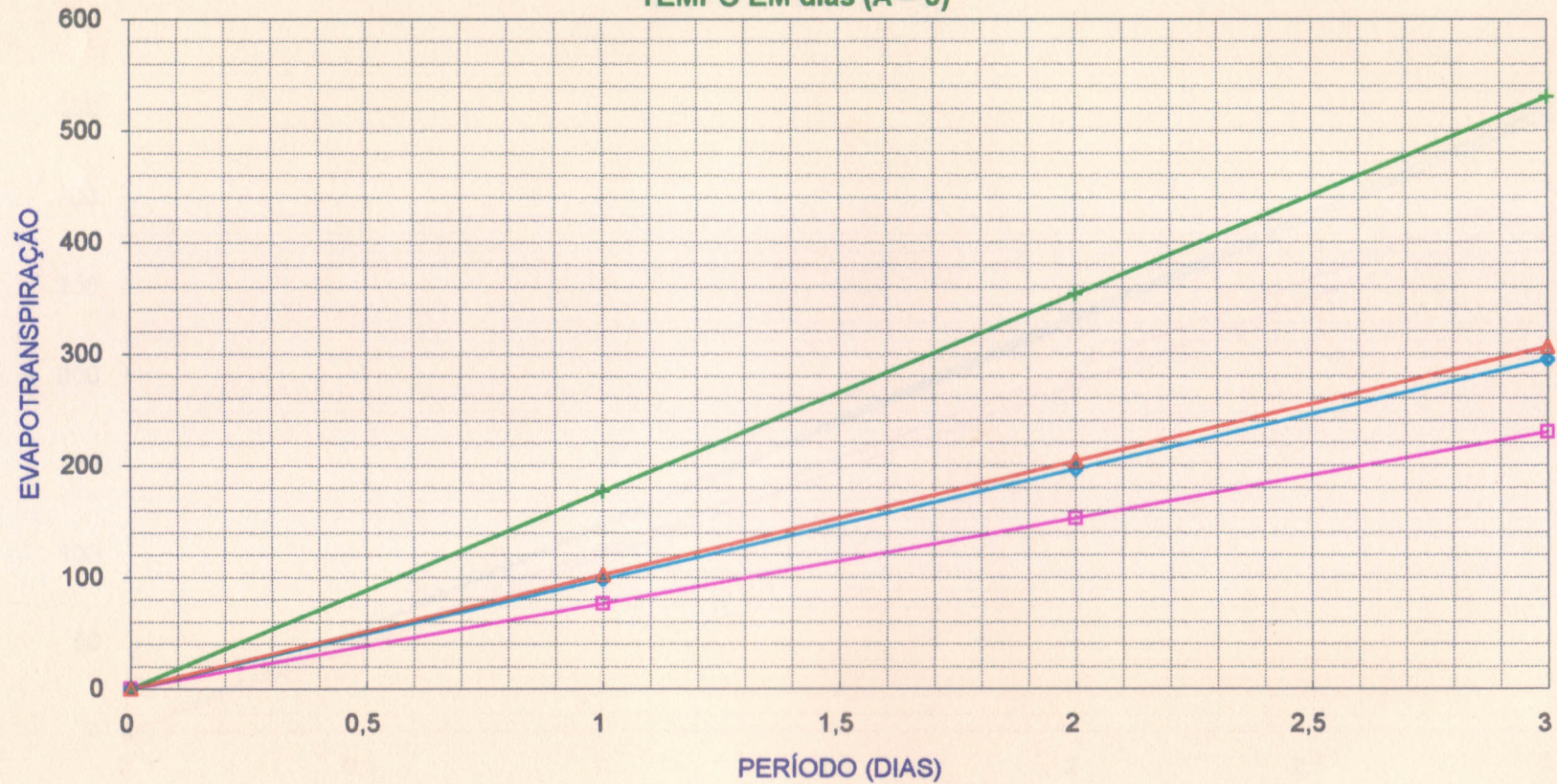


FIGURA 10 - DIAGRAMAS DE DISPERSÃO DA ETR OBTIDA PELOS MÉTODOS CCA-2, HARGREAVES 2 E BLANEY-CRIDDLE E DA ETR DE REFERÊNCIA EM mm, FUNÇÃO DO TEMPO EM dias (A = 0)



—□— CCA 2 —+— HARGREAVES 2 —◇— BLANEY-CRIDDLE —△— LISIMETRO

FIGURA 11 - DIAGRAMAS DE DISPERSÃO DA ETR OBTIDA PELOS MÉTODOS DA RADIAÇÃO SOLAR, JENSEN-HAISE E PENMAN E DA ETR DE REFERÊNCIA EM mm, FUNÇÃO DO TEMPO EM dias (A = 0)

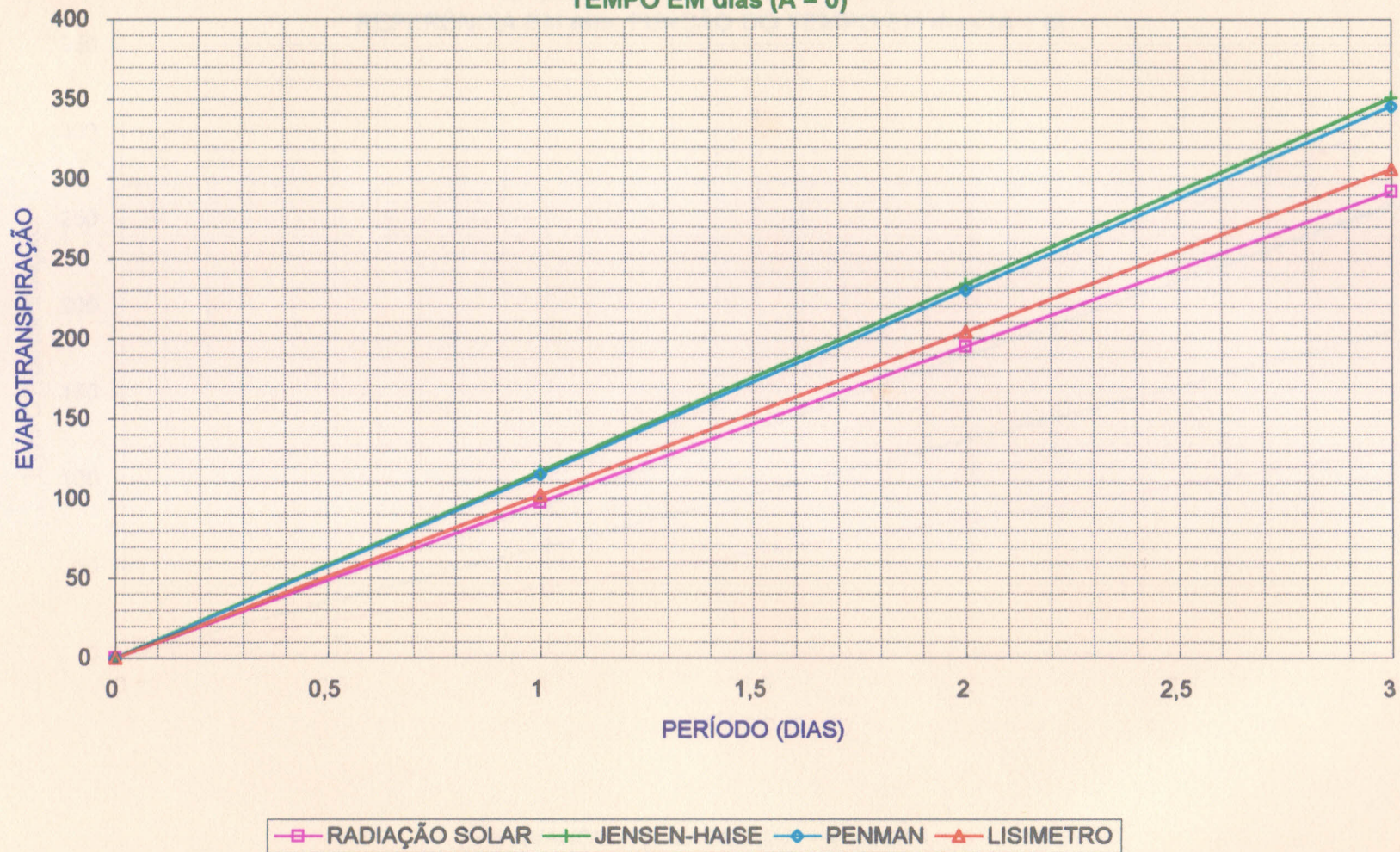


FIGURA 12 - DIAGRAMAS DE DISPERSÃO DA ETR OBTIDA PELOS MÉTODOS IVANOV, EAGLEMAN E CCA-1 E DA ETR DE REFERÊNCIA EM mm, FUNÇÃO DO TEMPO EM dias (A = 0)

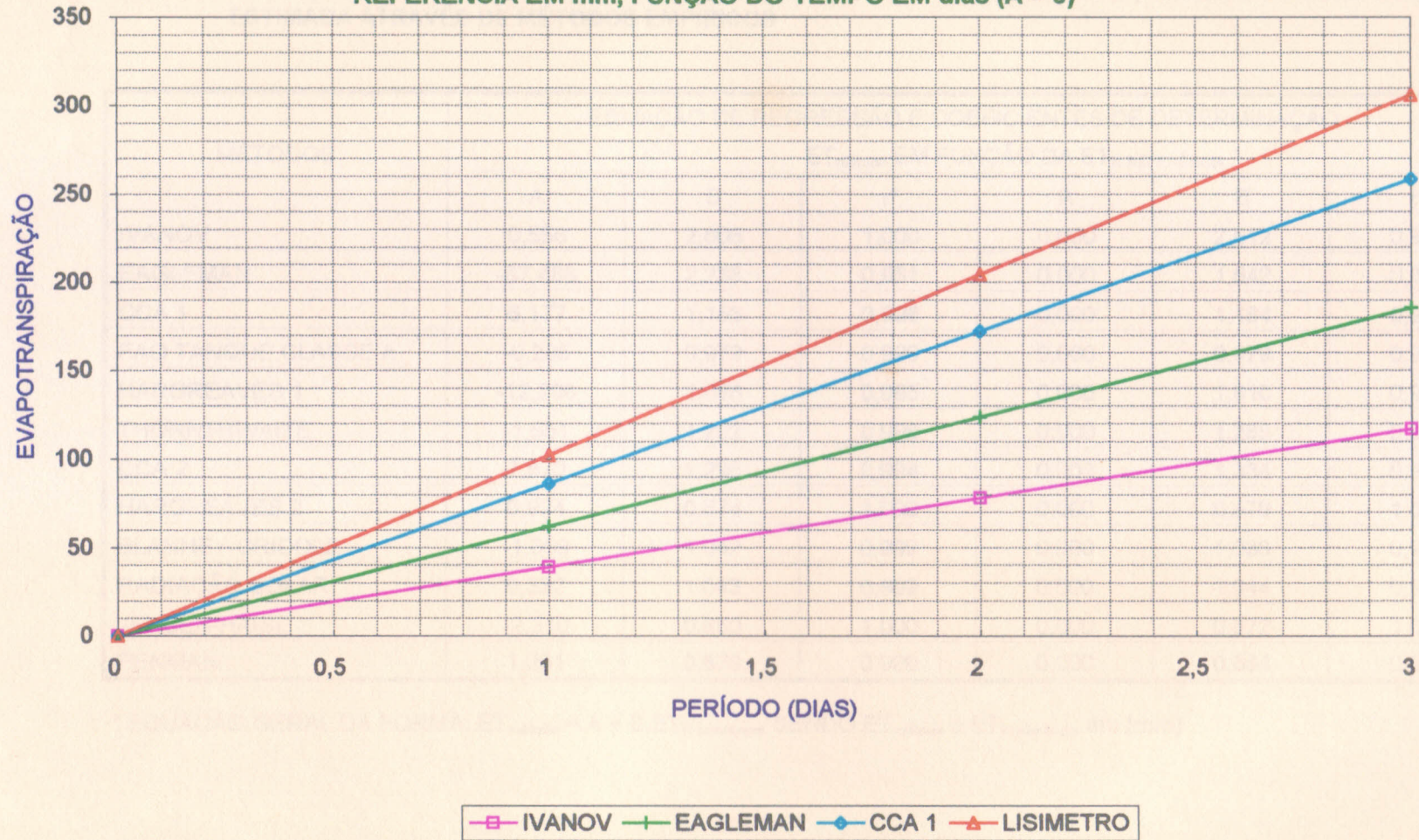


TABELA 7- EQUAÇÕES DE REGRESSÃO LINEAR E COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO (r²) DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL ESTIMADA ATRAVÉS DE MÉTODOS EMPÍRICOS

MÉTODOS	EQUAÇÃO DE REGRESSÃO E COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO					
	ET _{método} EM FUNÇÃO DA ET _{R REFERÊNCIA} *					
	A	B	r ²	A	B	r ²
IVANOV	0,556	2,606	1,000	0,000	2,612	0,999
EAGLEMAN	-87,488	2,238	0,981	0,000	1,642	0,899
CCA 1	6,177	1,156	0,996	0,000	1,184	0,995
FAO TANQUE CLASSE A	-0,205	0,979	0,999	0,000	0,979	0,999
HARGREAVES 1	-12,298	1,686	0,995	0,000	1,610	0,992
THORNTHWAITE	-1,551	1,292	0,996	0,000	1,285	0,996
CCA 2	7,570	1,296	0,994	0,000	1,334	0,993
HARGREAVES 2	0,924	0,574	1,000	0,000	0,576	1,000
BLANNEY-CRIDDLE	-1,669	1,042	0,999	0,000	1,036	0,999
RADIAÇÃO SOLAR	0,332	1,043	0,999	0,000	1,044	0,999
JENSEN-HAISE	-2,310	0,880	1,000	0,000	0,872	1,000
PENMAN	1,261	0,879	0,999	0,000	0,884	0,999

* EQUAÇÃO GERAL DA FORMA: $ET_{\text{método}} = A + B \cdot ET_{R \text{ referência}}$ SENDO $ET_{\text{método}}$ e $ET_{R \text{ referência}}$ em (mm)

Através dos resultados analíticos e dos diagramas de dispersão, verifica-se que existe uma boa correlação entre os métodos de estimativa de evapotranspiração estudados e os valores de evapotranspiração de referência obtida com o lisímetro, pois, os coeficientes de determinação foram em sua maioria acima de 0,990. Os diagramas de dispersão são apresentados nas Figuras 13, 14, 15, 16, 17 e 18.

No processo de classificação dos métodos utilizou-se os critérios estatísticos já definidos de paralelismo, através do valor de (r^2) - coeficiente de determinação, e de concordância, através dos valores de (RMS) - erro padrão e de (K) - diferença percentual. Esses valores são apresentados na Tabela 8.

Através dos resultados analíticos e das representações gráficas, observa-se uma boa correlação dos métodos de estimativa de ET_R com os dados de referência, pois os coeficientes de determinação (r^2) apresentaram valores acima de 0,990.

PADILHA JR (1986) classificou como melhores métodos os de Jensen-Haise ($r^2 = 0,996$ e $K = 0,930$), Hargreaves Modificado ($r^2 = 0,996$ e $K = 0,910$), Hargreaves 2 ($r^2 = 0,996$ e $K = 0,920$) e Eagleman ($r^2 = 0,097$ e $K = 1,090$). Analisando a Tabela 8 verifica-se que o método de Eagleman foi o único que apresentou valores de (r^2) abaixo de 0,990. Os melhores métodos considerados foram Blaney-Criddle ($r^2 = 0,998$ e $K = 0,970$), Radiação Solar ($r^2 = 0,998$ e $K = 0,960$) e Fao Tanque C-A ($r^2 = 0,998$ e $K = 1,020$).

FIGURA 13 - DIAGRAMAS DE DISPERSÃO DA ETR DE REFERÊNCIA (mm) COM A ETR ESTIMADA PELOS MÉTODOS IVANOV, EAGLEMAN, CCA-1 E CCA-2 (mm) (A ≠ 0)

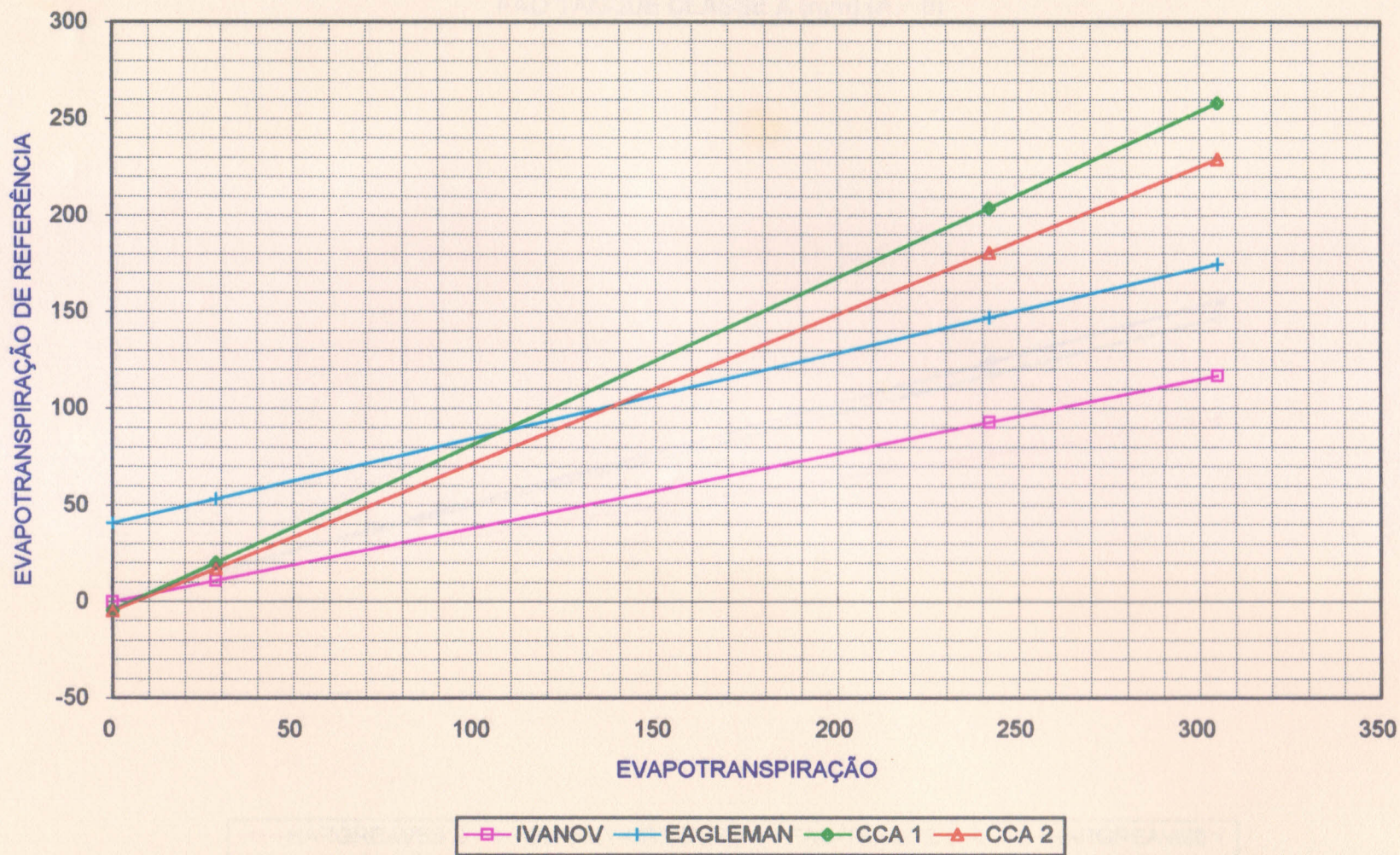


FIGURA 14 - DIAGRAMAS DE DISPERSÃO DA ETR DE REFERÊNCIA (mm) COM A ETR ESTIMADA PELOS MÉTODOS HARGREAVES 2, BLANEY-CRIDDLE, FAO TANQUE CLASSE A (mm) ($A \neq 0$)

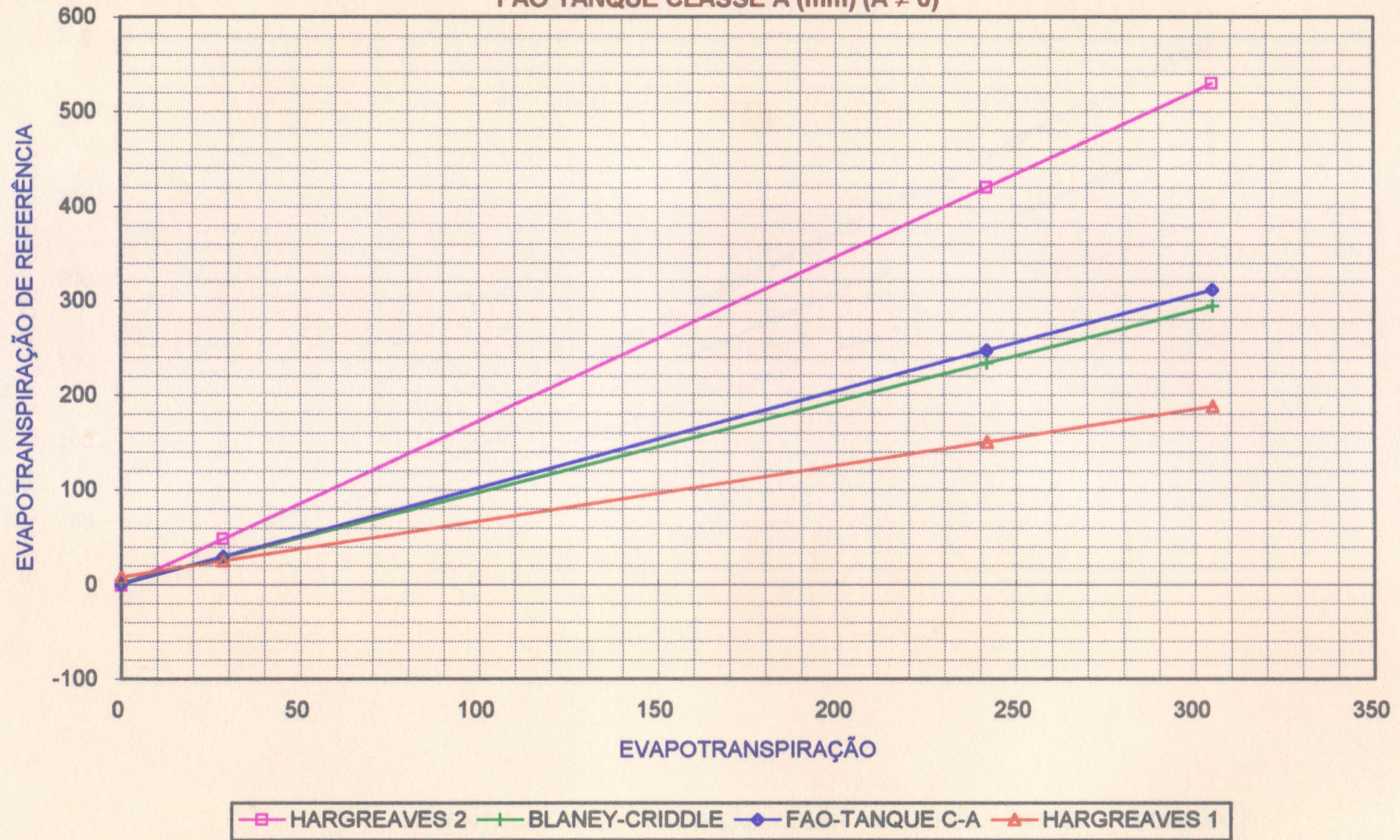


FIGURA 15 - DIAGRAMAS DE DISPERSÃO DA ETR DE REFERÊNCIA (mm) COM A ETR ESTIMADA PELOS MÉTODOS THORNTHWAITE, RADIAÇÃO SOLAR, JENSEN-HAISE E PENMAN (mm) ($A \neq 0$)

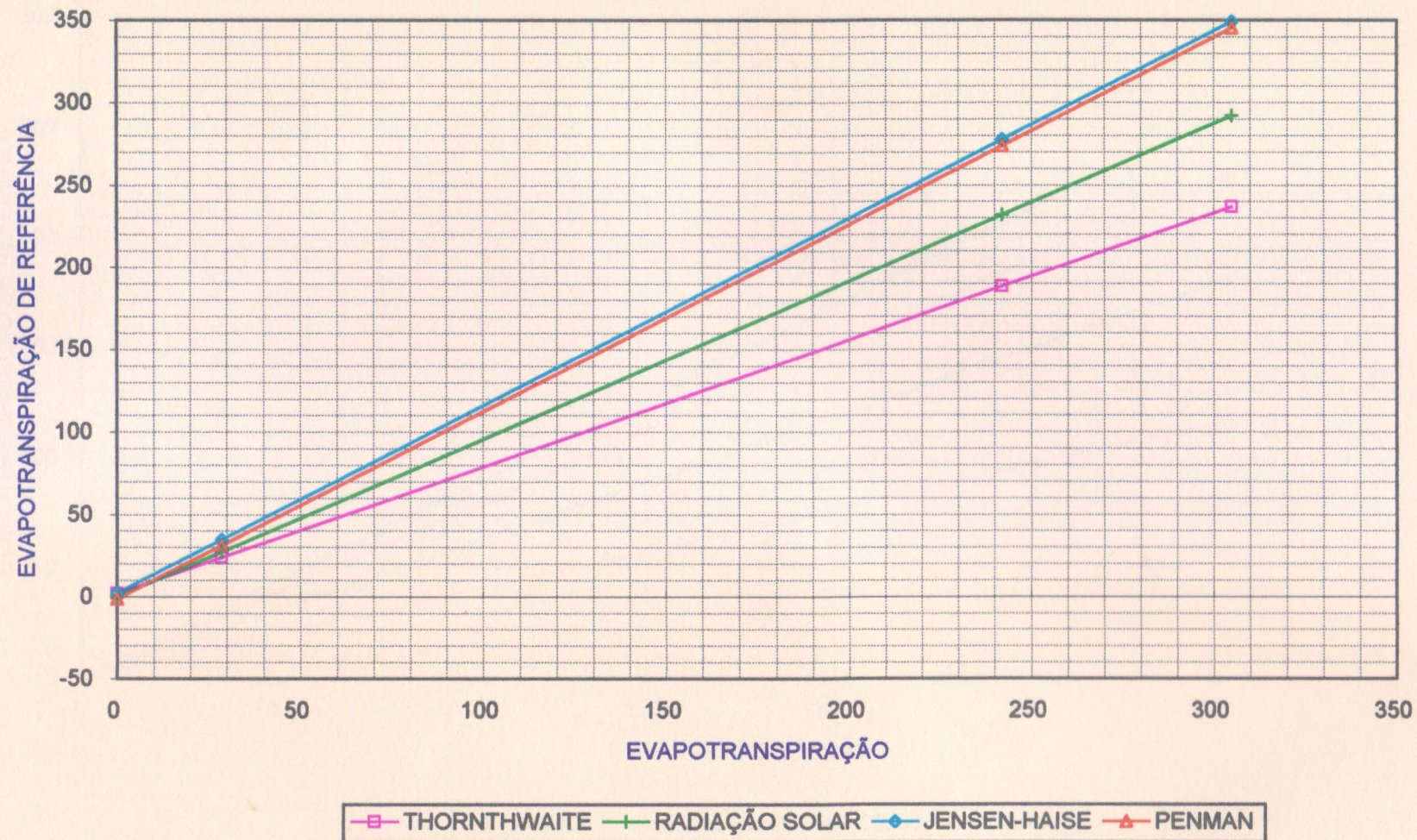


FIGURA 16 - DIAGRAMAS DE DISPERSÃO DA ETR DE REFERÊNCIA (mm) COM A ETR ESTIMADA PELOS MÉTODOS IVANOV, EAGLEMAN, CCA-1 E CCA-2 (mm) (A = 0)

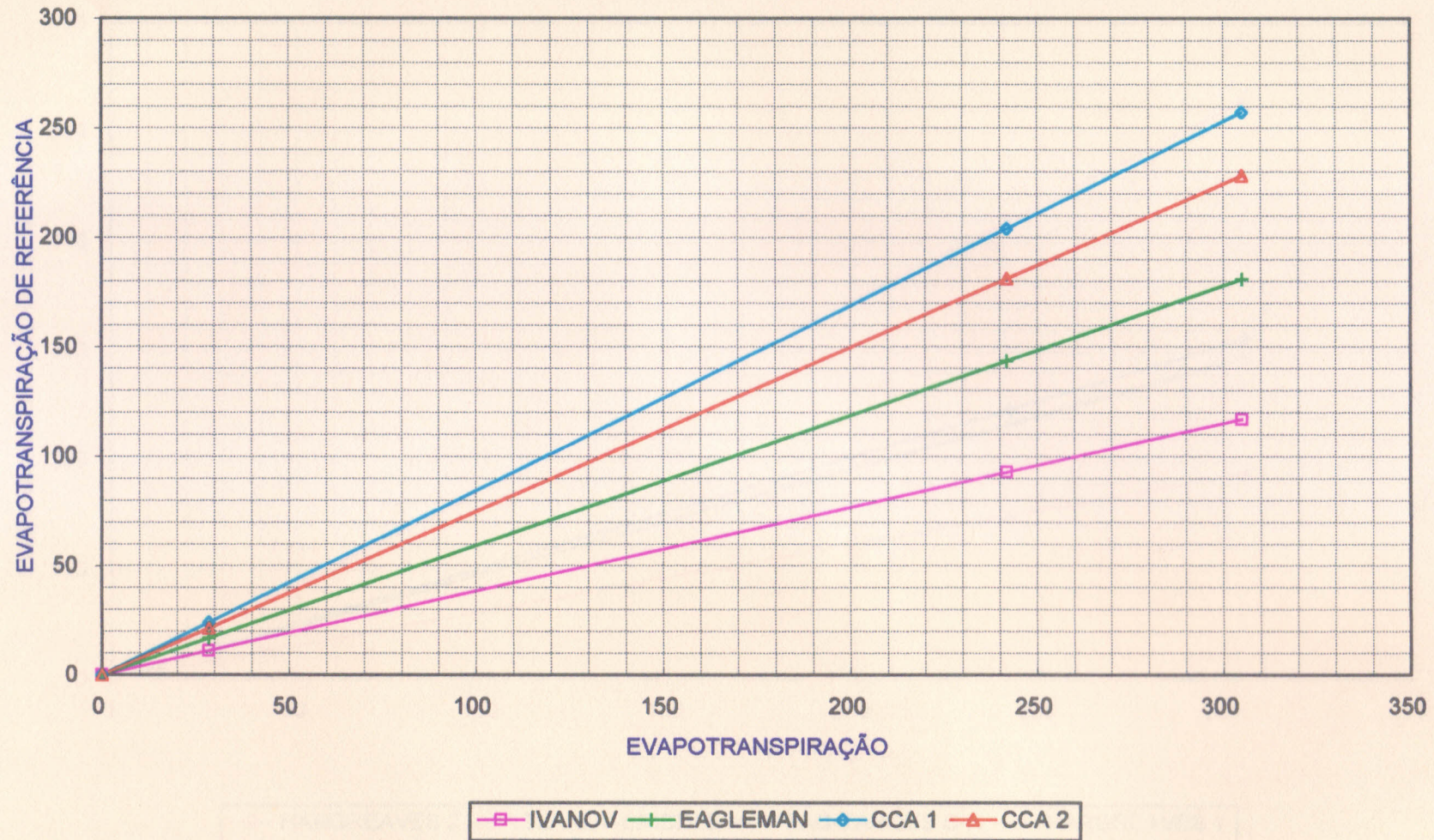


FIGURA 17 - DIAGRAMAS DE DISPERSÃO DA ETR DE REFERÊNCIA (mm) COM A ETR ESTIMADA PELOS MÉTODOS HARGREAVES 2, BLANEY-CRIDDLE, FAO TANQUE CLASSE-A E HARGREAVES 1 (mm) (A = 0)

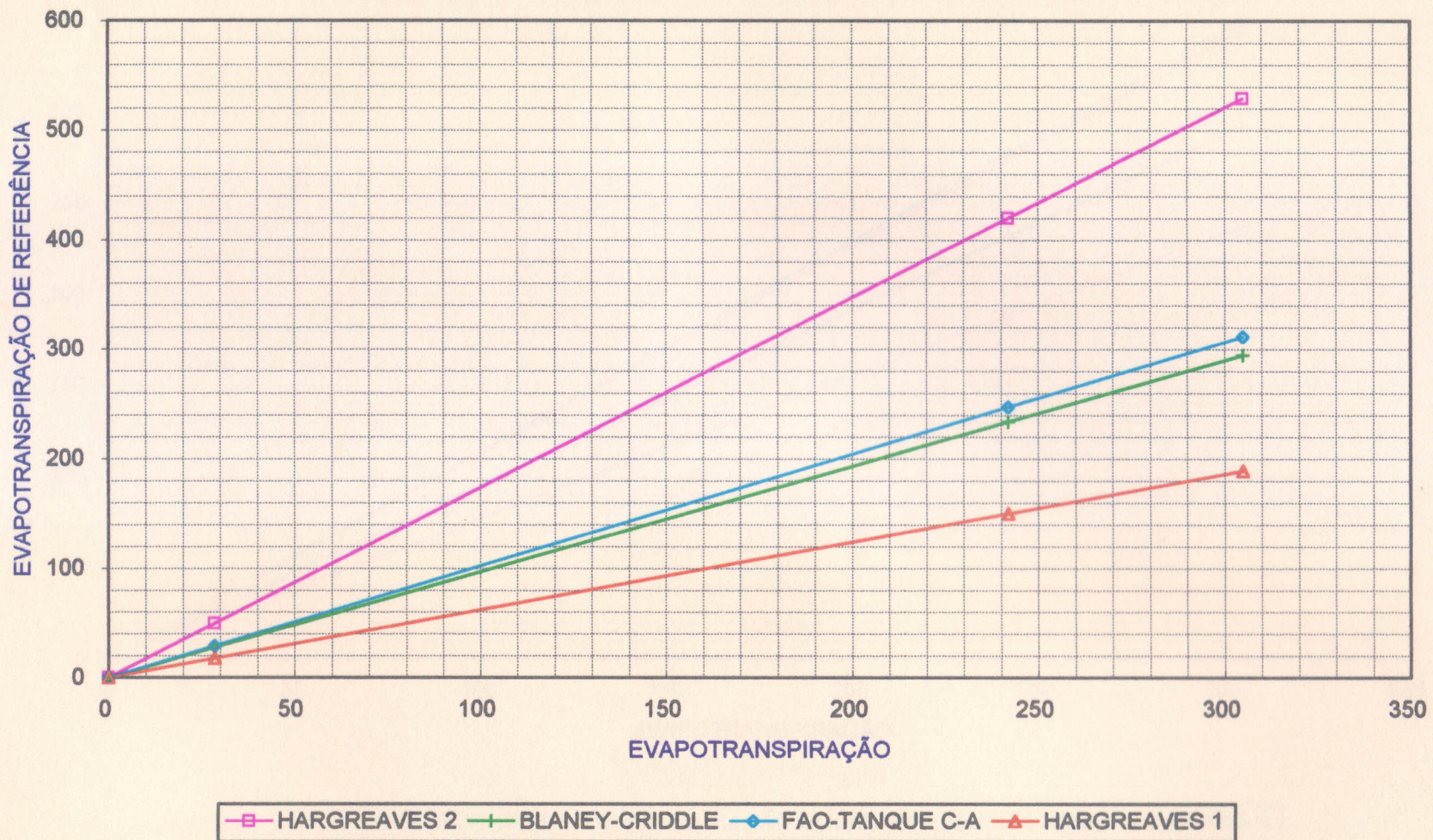


FIGURA 18 - DIAGRAMAS DE DISPERSÃO DA ETR DE REFERÊNCIA (mm) COM A ETR ESTIMADA PELOS MÉTODOS THORNTHWAITE, RADIAÇÃO SOLAR, JENSEN-HAISE E PENMAN (mm) (A = 0)

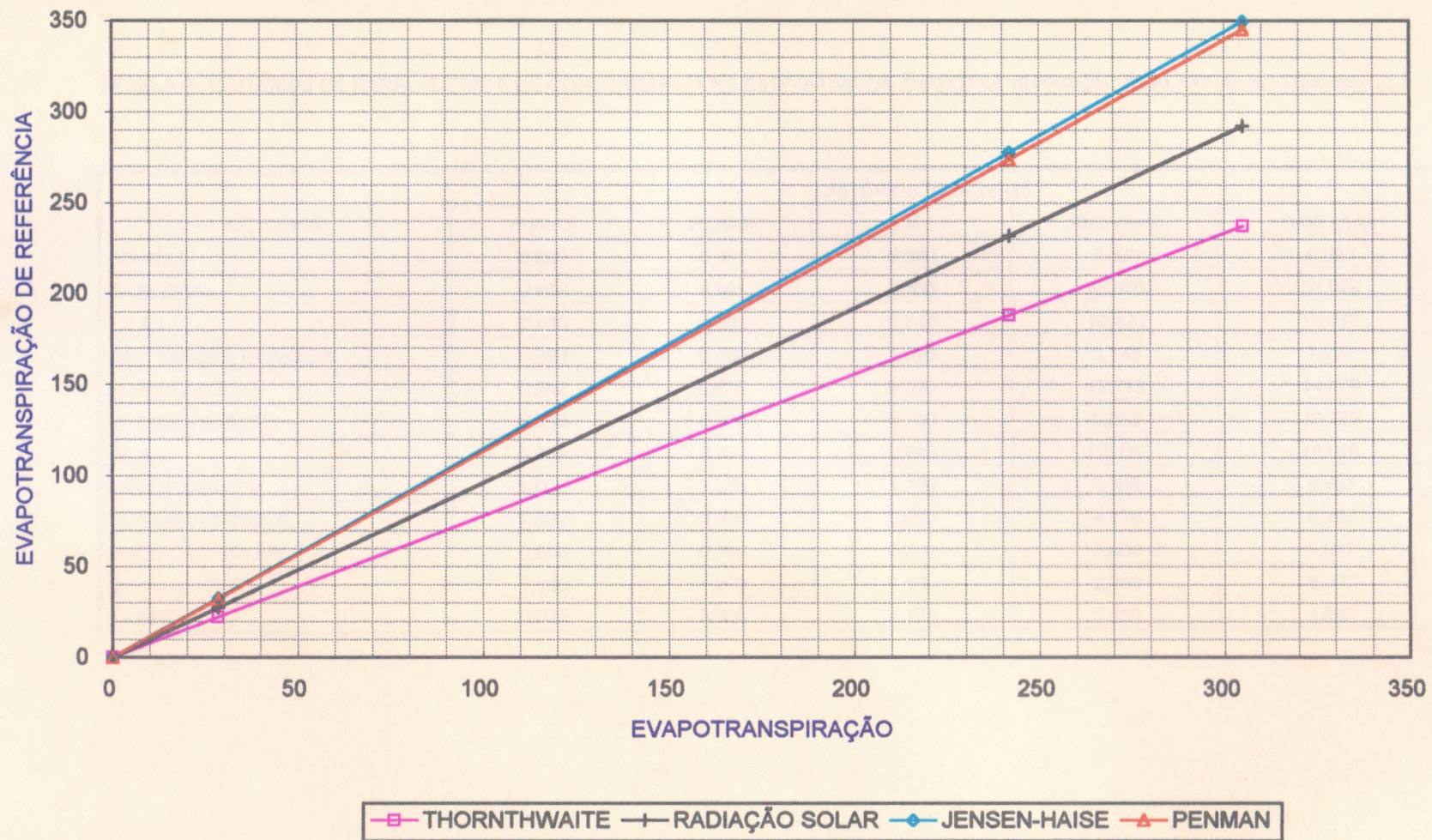


TABELA 8 - CRITÉRIOS DE PARALELISMO E DE CONCORDÂNCIA NA ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL DO MILHO (*Zea mays*, L.)

MÉTODOS	CRITÉRIOS ADOTADOS				
	r ² (A=0)	r ² (A≠0)	K	RMS (A=0)	RMS (A≠0)
MANOV	0,999	0,991	0,380	4,485	6,323
EAGLEMAN	0,899	0,981	0,650	45,955	28,029
CCA 1	0,995	0,996	0,840	10,420	13,572
FAO TANQUE CLASSE A	0,999	0,999	1,020	5,143	7,271
HARGREAVES 1	0,992	0,995	0,630	12,713	14,476
THORNTHWAITE	0,996	0,996	0,780	9,053	12,726
CCA 2	0,993	0,994	0,740	12,379	16,016
HARGREAVES 2	1,000	1,000	1,730	3,205	4,453
BLANNEY-CRIDDLE	0,999	0,999	0,970	4,710	6,487
RADIAÇÃO SOLAR	0,999	0,999	0,960	5,002	7,067
JENSEN-HAISE	1,000	1,000	1,150	2,763	3,307
PENMAN	0,999	0,999	1,130	3,519	4,842

5 - CONCLUSÕES

Dos resultados apresentados, pode-se concluir o seguinte:

- 1) A evapotranspiração do milho para os períodos considerados de 10, 30 e 30 dias foi respectivamente 28,5, 242 e 305 mm, apresentando um valor médio de 7,02 mm/dia para o período de 70 dias considerado neste trabalho;
- 2) Os valores do coeficiente de cultura - K_c para o milho obtidos pelo lisímetro apresentaram valores de 0,53, 1,47 e 1,70 para os três períodos considerados com um valor médio para o ciclo de 1,20;
- 3) No estudo comparativo, através da análise de regressão linear de cada método pelo tempo com o do lisímetro, para o caso $A \neq 0$ os melhores foram Ivanov, Fao Tanque Classe A, Hargreaves 2, Blaney-Criddle, Radiação Solar, Penman e Jensen-Haise tendo sido o método de Eagleman o que apresentou resultado menos satisfatório;
- 4) No estudo comparativo de cada método empírico com o de referência - lisímetro, através da análise de regressão linear, observou-se que o de Blaney-Criddle, da Radiação Solar e da Fao Tanque C-A foram os que apresentaram correlação mais elevada em detrimento dos métodos de Ivanov, de Eagleman e de Hargreaves 1.

6 - RECOMENDAÇÕES

Visando-se otimizar os estudos de relação solo-água-planta-atmosfera, principalmente com relação a evapotranspiração recomenda-se:

- 1) A repetição do trabalho utilizando-se lisímetros de precisão acoplados a estações meteorológicas automáticas.
- 2) Fazer paralelamente ao experimento o controle do balanço hídrico, quantificando o volume de água do solo da bordadura, através de tensiômetros e sonda de neutrons, visando estimativas de evapotranspiração real de um volume de controle de solo.

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO, B. M. Determinação da evapotranspiração real utilizando lisímetros de drenagem com a cultura do milho (Zea mays L.). Fortaleza, 1993. UFC. 38 p. (Dissertação de Mestrado).

BERNARDO, S. Manual de irrigação. 2ª edição. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1982. 488p.

BUREAU OF RECLAMATION. Estimating agricultural crop water requirements. Division of Technical Services. Hydrology Branch. Water Utilization Section. Engineering and Research Center. Denver, Colorado, 1983. 42 p.

CAMPOS, J.N.B. Um critério de seca agrícola e sua aplicação ao estado do Ceará. UFC - Centro de Tecnologia. Fortaleza-Ce. Bol.Téc., 1, 1983.

DOORENBOS, J. & PRUITT, W. O. Crop water requirements; guidelines for predicting. FAO: Irrigation and drainage paper, 24. 1977. 145 p.

ENCARNAÇÃO, C. R. F. da. Um método simples para a estimativa dos coeficientes culturais (Kc) para feijão (Phaseolus vulgaris, L.) pelo método do Balanço Hídrico. Piracicaba, 1978. ESALQ/USP. 58 p. (Dissertação de Mestrado).

GRASSI, C. J. Estimación de los usos consuntivos de agua y requerimientos de riego con fines de formulación y diseño de proyectos. Merida. CIDIAT 96p, 1968 (Documento nº 3)

GUERRA, P. Evaporimetria. Utilização de dados evaporimétricos em programas de irrigação. DNOCS. Fortaleza, 1962. 18 p.

HARGREAVES, G. H. Consumptive use derived from evapotranspiration pan data. J. Irrigation and Drainage. Div. proc. ASCE, 94 (IR1): 97-105, 1968.

HARGREAVES, G. H. potencial evapotranspiration and irrigation requirements for Northeast Brazil. Logan, 1974. Utah State University - United States Agency for International Development. 55 p.

LÓPEZ, J. E. Lisímetro-Relaciones agua-suelo-planta. Petrolina, 1973.

CIDIAT/OEA. 25 p. (Mimeografado)

LUCHIARI JR, A. Determinação do coeficiente de cultura (Kc) para feijão

(Phaseolus vulgaris, L.) pelo método do Balanço Hídrico. Piracicaba, 1978.

ESALQ/USP. 58 p. (Dissertação de Mestrado)

MAGALHÃES, C. A. de. Determinação do Kc do pimentão pelo método do

Balanço Hídrico. Fortaleza, 1982. UFC. 35 p. (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, 1985. UFC. 83 p. (Dissertação

de Mestrado)

PADILHA JR, I. da C. Evapotranspiração real de cultura do feijão de corda

(Vigna sinensis, (L.) Savi), baseado nos métodos do lisímetro e do balanço

hídrico. Fortaleza. UFC, 1986. 155 p. (Dissertação de Mestrado).

PEQUENO, H. C.; CAMPOS, J. L. D & SILVA, Z. R. Meteorologia e climatologia agrícolas. Fortaleza, 1978. Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Ceará. 221 p. (Mimeografado).

PORTO, R. La L. Elaboração de projetos de Irrigação. Programa Nacional de Irrigação. Fundação CTH. Brasília, 1986.

REICHARDT, K. Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera. 4^a ed. revisada e ampliada. Campinas, Fundação Cargill, 1985. 466 p.

REICHARDT, K. A água em sistemas agrícolas. 1^a edição. São Paulo, 1987. 188 p.

SCALOPI, E. J. Métodos climatológicos para avaliar a evapotranspiração. Piracicaba, São Paulo. ESALQ/USP, 1972. 88 p. (Dissertação de Mestrado).

SAUNDERS, L.C.U. Pesquisa sobre manejo de solo e água em áreas irrigadas do Estado do Ceará. CNPQ - FCPC - UFC, Fortaleza, 1983, 30 p.

SAUNDERS, L. C. U. Procedimento na determinação da evapotranspiração real utilizando a equação da lei de conservação das massas com as culturas do milho e do algodão. Fortaleza, 1990. CCA/UFC. 57 p. (tese para concurso de professor titular).

SCARDUA, R. Irrigação. Piracicaba. São Paulo, 1986. Universidade de São Paulo. ESALQ. Departamento de Engenharia Rural. 197 p.

SELLERS, W. D. Physical climatology. 3^a ed. Chicago, University of Chicago Press, 1969. 272 p.

SILVA, Z. R. et alii. Um método empírico para estimativa da evapotranspiração potencial no Ceará. Ciência Agron., 8 (1-2): 91-92, Fortaleza, 1978.

TANNER, C. B. Factors affecting evapotranspiration from plants and soils. Journal of Soil Water Conservation, 12: 211-227. 1957.

TECHNICAL COMMITTEE ON IRRIGATION WATER REQUIREMENTS OF THE IRRIGATION AND DRAINAGE DIVISION OF THE AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS. Consumptive use of water and irrigation water requirements. Nova Iorque, 1973. 215 p.

THORNTHWAITE, C. W. & MATHER, J. R. O balanço hídrico e sua utilização na irrigação. WATER, Yearbook of Agriculture, USDA, 1955. Traduzido por A.C.S. Reis. páginas 346-358.

VIEIRA, D. B. Elaboração de projetos de Irrigação. Programa Nacional de Irrigação. Fundação CTH. Brasília, 1986.

VILLA NOVA, N.A e REICHARDT, K. Engenharia Hidrológica. Coleção ABRH de Recursos Hídricos, 1989. Rio de Janeiro, RJ. 404 p.

WINTER, E. J. A água, o solo e a planta. Traduzido pelos professores Klaus Reichardt e Paulo L. Libardi. 2ª edição. São Paulo, 1984. 170 p.

APENDICE 1

0 VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTIVO - METODO DE IVANOV

1	10,35	38,946429		Resultado de Regressao	
2	94,50	77,892857	Constante		0
3	115,30	116,83929	Erro padrao de valores estimados em Y		23,40857
			R ao Quadrado		0,822555
			Nº de observações		3
			Graus de Liberdade		2

			Coefficiente(s) X	38,9464286	
			Erro padrao de coeficiente	6,25620355	

0 VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTIVO - METODO DE EAGLEMAN

1	51,00	61,785714		Resultado de Regressao	
2	156,50	123,57143	Constante		0
3	167,00	185,35714	Erro padrao de valores estimados em Y		27,72731
			R ao Quadrado		0,81322
			Nº de observações		3
			Graus de Liberdade		2

			Coefficiente(s) X	61,7857143	
			Erro padrao de coeficiente	7,41043459	

0 VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTIVO - METODO DE CCA 1

1	22,00	86,157143		Resultado de Regressao	
2	194,60	172,31429	Constante		0
3	265,00	258,47143	Erro padrao de valores estimados em Y		48,24632
			R ao Quadrado		0,8511
			Nº de observações		3
			Graus de Liberdade		2

			Coefficiente(s) X	86,1571429	
			Erro padrao de coeficiente	12,8943707	

0 VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTIVO - METODO DE CCA 2

1	19,10	76,428571		Resultado de Regressao	
2	171,00	152,85714	Constante		0
3	236,30	229,28571	Erro padrao de valores estimados em Y		42,80729
			R ao Quadrado		0,852446
			Nº de observações		3
			Graus de Liberdade		2

			Coefficiente(s) X	76,4285714	
			Erro padrao de coeficiente	11,4407301	

0 VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTIVO - METODO DE HARGREAVES 2

1	46,80	176,7		Resultado de Regressao	
2	426,00	353,4	Constante		0
3	525,00	530,1	Erro padrao de valores estimados em Y		105,2872
			R ao Quadrado		0,826006
			Nº de observações		3
			Graus de Liberdade		2

			Coefficiente(s) X	176,7	
			Erro padrao de coeficiente	28,1391821	

0 VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTIVO - METODO DE BLANEY-CRIDDLE

1	28,00	98,314286		Resultado de Regressao	
2	238,60	196,62857	Constante		0
3	290,40	294,94286	Erro padrao de valores estimados em Y		57,99283
			R ao Quadrado		0,825877
			Nº de observações		3
			Graus de Liberdade		2

			Coefficiente(s) X	98,3142857	
			Erro padrao de coeficiente	15,4992363	

0 VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTIVO - METODO DE FAO-TANQUE - CLASSE A

1	28,20	103,94286		Resultado de Regressao	
2	253,00	207,88571	Constante		0
3	307,00	311,82857	Erro padrao de valores estimados em Y		62,43234
			R ao Quadrado		0,821721
			Nº de observações		3
			Graus de Liberdade		2

			Coefficiente(s) X	103,942857	
			Erro padrao de coeficiente	16,6857449	

APENDICE 1

0		0	VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTIVO - METODO DE HARGREAVES 1		
1	26,20	63,8		Resultado de Regressao	
2	144,00	127,6	Constante		0
3	193,00	191,4	Erro padrao de valores estimados em Y		29,02826
			R ao Quadrado		0,885355
			Nº de observações		3
			Graus de Liberdade		2
			Coefficiente(s) X	63,8	
			Erro padrao de coeficiente	7,75812938	
0		0	VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTIVO - METODO DE LISIMETRO		
1	28,50	101,96429		Resultado de Regressao	
2	242,00	203,92857	Constante		0
3	305,00	305,89286	Erro padrao de valores estimados em Y		58,51167
			R ao Quadrado		0,836975
			Nº de observações		3
			Graus de Liberdade		2
			Coefficiente(s) X	101,964286	
			Erro padrao de coeficiente	15,6379028	
0		0	VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTIVO - METODO DE THORNTHWAITTE		
1	22,00	79,071429		Resultado de Regressao	
2	196,00	158,14286	Constante		0
3	231,00	237,21429	Erro padrao de valores estimados em Y		48,62576
			R ao Quadrado		0,811301
			Nº de observações		3
			Graus de Liberdade		2
			Coefficiente(s) X	79,0714286	
			Erro padrao de coeficiente	12,9957803	
0		0	VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTIVO - METODO DE RADIAÇÃO SOLAR		
1	26,00	97,428571		Resultado de Regressao	
2	237,00	194,85714	Constante		0
3	288,00	292,28571	Erro padrao de valores estimados em Y		58,7215
			R ao Quadrado		0,821284
			Nº de observações		3
			Graus de Liberdade		2
			Coefficiente(s) X	97,4285714	
			Erro padrao de coeficiente	15,6939804	
0		0	VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTIVO - METODO DE JENSEN-HAISE		
1	34,00	116,92857		Resultado de Regressao	
2	281,00	233,85714	Constante		0
3	347,00	350,78571	Erro padrao de valores estimados em Y		67,50529
			R ao Quadrado		0,832602
			Nº de observações		3
			Graus de Liberdade		2
			Coefficiente(s) X	116,928571	
			Erro padrao de coeficiente	18,0415479	
0		0	VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTIVO - METODO DE PENMAN		
1	30,10	115,15		Resultado de Regressao	
2	278,00	230,3	Constante		0
3	342,00	345,45	Erro padrao de valores estimados em Y		68,99527
			R ao Quadrado		0,824592
			Nº de observações		3
			Graus de Liberdade		2
			Coefficiente(s) X	115,15	
			Erro padrao de coeficiente	18,439762	

APENDICE 2

0 -31,566667 **VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTIVO - METODO DE IVANOV**

1	10,35	20,908333		Resultado de Regressao	
2	94,50	73,383333	Constante		-31,5667
3	115,30	125,85833	Erro padrao de valores estimados em Y		25,86253
			R ao Quadrado		0,891701
			N° de observações		3
			Graus de Liberdade		1

Coeficiente(s) X 52,475
 Erro padrao de coeficiente 18,2875698

0 8,8333333 **VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTIVO - METODO DE EAGLEMAN**

1	51,00	66,833333		Resultado de Regressao	
2	156,50	124,83333	Constante		8,833333
3	167,00	182,83333	Erro padrao de valores estimados em Y		38,78359
			R ao Quadrado		0,817282
			N° de observações		3
			Graus de Liberdade		1

Coeficiente(s) X 58
 Erro padrao de coeficiente 27,4241378

0 -82,466667 **VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTIVO - METODO DE CCA 1**

1	22,00	39,033333		Resultado de Regressao	
2	194,60	160,53333	Constante		-82,4667
3	265,00	282,03333	Erro padrao de valores estimados em Y		41,72298
			R ao Quadrado		0,944321
			N° de observações		3
			Graus de Liberdade		1

Coeficiente(s) X 121,5
 Erro padrao de coeficiente 29,5025988

0 -75,066667 **VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTIVO - METODO DE CCA 2**

1	19,10	33,533333		Resultado de Regressao	
2	171,00	142,13333	Constante		-75,0667
3	236,30	250,73333	Erro padrao de valores estimados em Y		35,3543
			R ao Quadrado		0,949677
			N° de observações		3
			Graus de Liberdade		1

Coeficiente(s) X 108,6
 Erro padrao de coeficiente 24,9992667

0 -145,6 **VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTIVO - METODO DE HARGREAVES 2**

1	46,80	93,5		Resultado de Regressao	
2	426,00	332,6	Constante		-145,6
3	525,00	571,7	Erro padrao de valores estimados em Y		114,3912
			R ao Quadrado		0,897308
			N° de observações		3
			Graus de Liberdade		1

Coeficiente(s) X 239,1
 Erro padrao de coeficiente 80,8867727

0 -76,733333 **VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTIVO - METODO DE BLANEY-CRIDDLE**

1	28,00	54,466667		Resultado de Regressao	
2	238,60	185,66667	Constante		-76,7333
3	290,40	316,86667	Erro padrao de valores estimados em Y		64,82983
			R ao Quadrado		0,8912
			N° de observações		3
			Graus de Liberdade		1

Coeficiente(s) X 131,2
 Erro padrao de coeficiente 45,8416114

0 -82,733333 **VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTIVO - METODO DE FAO-TANQUE - CLASSE A**

1	28,20	56,666667		Resultado de Regressao	
2	253,00	196,06667	Constante		-82,7333
3	307,00	335,46667	Erro padrao de valores estimados em Y		69,72881
			R ao Quadrado		0,888807
			N° de observações		3
			Graus de Liberdade		1

Coeficiente(s) X 139,4
 Erro padrao de coeficiente 49,305713

APENDICE 2

0		-45,73333	VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTIVO - METODO DE HARGREAVES 1	
1	26,20	37,66667		Resultado de Regressao
2	144,00	121,06667	Constante	-45,7333
3	193,00	204,46667	Erro padrao de valores estimados em Y	28,08748
			R ao Quadrado	0,946333
			Nº de observações	3
			Graus de Liberdade	1

Coefficiente(s) X 83,4
 Erro padrao de coeficiente 19,8608493

0		-84,66667	VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTIVO - METODO DE LISIMETRO	
1	28,50	53,58333		Resultado de Regressao
2	242,00	191,83333	Constante	-84,6667
3	305,00	330,08333	Erro padrao de valores estimados em Y	61,44137
			R ao Quadrado	0,910121
			Nº de observações	3
			Graus de Liberdade	1

Coefficiente(s) X 138,25
 Erro padrao de coeficiente 43,4456078

0		-59,33333	VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTIVO - METODO DE THORNTHWAITTE	
1	22,00	45,16667		Resultado de Regressao
2	196,00	149,66667	Constante	-59,3333
3	231,00	254,16667	Erro padrao de valores estimados em Y	56,74651
			R ao Quadrado	0,871505
			Nº de observações	3
			Graus de Liberdade	1

Coefficiente(s) X 104,5
 Erro padrao de coeficiente 40,1258437

0		-78,33333	VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTIVO - METODO DE RADIAÇÃO SOLAR	
1	26,00	52,66667		Resultado de Regressao
2	237,00	183,66667	Constante	-78,3333
3	288,00	314,66667	Erro padrao de valores estimados em Y	65,31973
			R ao Quadrado	0,889432
			Nº de observações	3
			Graus de Liberdade	1

Coefficiente(s) X 131
 Erro padrao de coeficiente 46,1880215

0		-92,33333	VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTIVO - METODO DE JENSEN-HAISE	
1	34,00	64,16667		Resultado de Regressao
2	281,00	220,66667	Constante	-92,3333
3	347,00	377,16667	Erro padrao de valores estimados em Y	73,89294
			R ao Quadrado	0,899712
			Nº de observações	3
			Graus de Liberdade	1

Coefficiente(s) X 156,5
 Erro padrao de coeficiente 52,2501994

0		-95,2	VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTIVO - METODO DE PENMAN	
1	30,10	60,75		Resultado de Regressao
2	278,00	216,7	Constante	-95,2
3	342,00	372,65	Erro padrao de valores estimados em Y	75,07686
			R ao Quadrado	0,896153
			Nº de observações	3
			Graus de Liberdade	1

Coefficiente(s) X 155,95
 Erro padrao de coeficiente 53,0873573

APENDICE 3

0	-0,1432752	VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTIVO - METODO DE IVANOV		
29	10,35	10,780313	Resultado de Regressao	
242	94,50	92,611404	Constante	-0,14328
305	115,30	116,75828	Erro padrao de valores estimados em Y	2,42457
			R ao Quadrado	0,99905
			Nº de observações	3
			Graus de Liberdade	1
			Coefficiente(s) X	0,3832838
			Erro padrao de coeficiente	0,01183054
0	40,703432	VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTIVO - METODO DE EAGLEMAN		
29	51,00	53,202314	Resultado de Regressao	
242	156,50	146,83429	Constante	40,7034
305	167,00	174,4634	Erro padrao de valores estimados em Y	12,4088
			R ao Quadrado	0,9813
			Nº de observações	3
			Graus de Liberdade	1
			Coefficiente(s) X	0,43855726
			Erro padrao de coeficiente	0,06054793
0	-4,6135274	VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTIVO - METODO DE CCA 1		
29	22,00	19,921758	Resultado de Regressao	
242	194,60	203,72117	Constante	-4,61353
305	265,00	257,95707	Erro padrao de valores estimados em Y	11,7097
			R ao Quadrado	0,99561
			Nº de observações	3
			Graus de Liberdade	1
			Coefficiente(s) X	0,8608872
			Erro padrao de coeficiente	0,05713684
0	-4,9353365	VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTIVO - METODO DE CCA 2		
29	19,10	16,914136	Resultado de Regressao	
242	171,00	180,59352	Constante	-4,93534
305	236,30	228,89235	Erro padrao de valores estimados em Y	12,3161
			R ao Quadrado	0,99389
			Nº de observações	3
			Graus de Liberdade	1
			Coefficiente(s) X	0,76664815
			Erro padrao de coeficiente	0,06009568
0	-1,4524847	VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTIVO - METODO DE HARGREAVES 2		
29	46,80	48,176512	Resultado de Regressao	
242	426,00	419,95864	Constante	-1,45248
305	525,00	529,66485	Erro padrao de valores estimados em Y	7,75587
			R ao Quadrado	0,99953
			Nº de observações	3
			Graus de Liberdade	1
			Coefficiente(s) X	1,7413683
			Erro padrao de coeficiente	0,03784426
0	1,7856698	VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTIVO - METODO DE BLANEY-CRIDDLE		
29	28,00	29,104219	Resultado de Regressao	
242	238,60	233,7537	Constante	1,78567
305	290,40	294,14208	Erro padrao de valores estimados em Y	6,22166
			R ao Quadrado	0,999
			Nº de observações	3
			Graus de Liberdade	1
			Coefficiente(s) X	0,9585456
			Erro padrao de coeficiente	0,03035816
0	0,4553874	VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTIVO - METODO DE FAO-TANQUE - CLASSE A		
29	28,20	29,516663	Resultado de Regressao	
242	253,00	247,22131	Constante	0,45539
305	307,00	311,46203	Erro padrao de valores estimados em Y	7,41866
			R ao Quadrado	0,99874
			Nº de observações	3
			Graus de Liberdade	1
			Coefficiente(s) X	1,0196939
			Erro padrao de coeficiente	0,03619886

APENDICE 3

0		7,8615011	VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTIVO - METODO DE HARGREAVES 1	
29	26,20	24,679992		Resultado de Regressao
242	144,00	150,67115	Constante	7,8615
305	193,00	187,84886	Erro padrao de valores estimados em Y	8,56439
			R ao Quadrado	0,99501
			Nº de observações	3
			Graus de Liberdade	1
			Coefficiente(s) X	0,5901225
			Erro padrao de coeficiente	0,04178938
0		1,517E-14	VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTIVO - METODO DE LISIMETRO	
29	28,50	28,5		Resultado de Regressao
242	242,00	242	Constante	1,5E-14
305	305,00	305	Erro padrao de valores estimados em Y	2,6E-14
			R ao Quadrado	1
			Nº de observações	3
			Graus de Liberdade	1
			Coefficiente(s) X	1
			Erro padrao de coeficiente	1,2824E-16
0		1,7726035	VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTIVO - METODO DE THORNTHWAITTE	
29	22,00	23,744702		Resultado de Regressao
242	196,00	188,3427	Constante	1,7726
305	231,00	236,9126	Erro padrao de valores estimados em Y	9,83042
			R ao Quadrado	0,99614
			Nº de observações	3
			Graus de Liberdade	1
			Coefficiente(s) X	0,77095081
			Erro padrao de coeficiente	0,04796685
0		-0,0992334	VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTIVO - METODO DE RADIAÇÃO SOLAR	
29	26,00	27,202217		Resultado de Regressao
242	237,00	231,7236	Constante	-0,09923
305	288,00	292,07418	Erro padrao de valores estimados em Y	6,77382
			R ao Quadrado	0,99881
			Nº de observações	3
			Graus de Liberdade	1
			Coefficiente(s) X	0,95794561
			Erro padrao de coeficiente	0,03305238
0		2,2917975	VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTIVO - METODO DE JENSEN-HAISE	
29	34,00	34,73498		Resultado de Regressao
242	281,00	277,77426	Constante	2,2918
305	347,00	349,49076	Erro padrao de valores estimados em Y	4,1412
			R ao Quadrado	0,99969
			Nº de observações	3
			Graus de Liberdade	1
			Coefficiente(s) X	1,13835727
			Erro padrao de coeficiente	0,0202067
0		-1,3125274	VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTIVO - METODO DE PENMAN	
29	30,10	31,076823		Resultado de Regressao
242	278,00	273,71283	Constante	-1,31253
305	342,00	345,31034	Erro padrao de valores estimados em Y	5,50385
			R ao Quadrado	0,99944
			Nº de observações	3
			Graus de Liberdade	1
			Coefficiente(s) X	1,13646843
			Erro padrao de coeficiente	0,02685566

APENDICE 4

0		0	VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTIVO - METODO DE IVANOV	
29	10,35	10,908169	Resultado de Regressao	
242	94,50	92,623748	Constante	0
305	115,30	116,73654	Erro padrao de valores estimados em Y	1,71691
			R ao Quadrado	0,99905
			Nº de observações	3
			Graus de Liberdade	2
			 Coeficiente(s) X	0,38274276
			Erro padrao de coeficiente	0,00439797
0		0	VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTIVO - METODO DE EAGLEMAN	
29	51,00	16,879473	Resultado de Regressao	
242	156,50	143,32745	Constante	0
305	167,00	180,63997	Erro padrao de valores estimados em Y	27,6023
			R ao Quadrado	0,8149
			Nº de observações	3
			Graus de Liberdade	2
			 Coeficiente(s) X	0,5922622
			Erro padrao de coeficiente	0,07070517
0		0	VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTIVO - METODO DE CCA 1	
29	22,00	24,038767	Resultado de Regressao	
242	194,60	204,11866	Constante	0
305	265,00	257,25698	Erro padrao de valores estimados em Y	8,79533
			R ao Quadrado	0,99505
			Nº de observações	3
			Graus de Liberdade	2
			 Coeficiente(s) X	0,84346552
			Erro padrao de coeficiente	0,02252983
0		0	VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTIVO - METODO DE CCA 2	
29	19,10	21,318321	Resultado de Regressao	
242	171,00	181,01872	Constante	0
305	236,30	228,14343	Erro padrao de valores estimados em Y	9,26891
			R ao Quadrado	0,99308
			Nº de observações	3
			Graus de Liberdade	2
			 Coeficiente(s) X	0,74801125
			Erro padrao de coeficiente	0,02374293
0		0	VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTIVO - METODO DE HARGREAVES 2	
29	46,80	49,472677	Resultado de Regressao	
242	426,00	420,08378	Constante	0
305	525,00	529,44444	Erro padrao de valores estimados em Y	5,56318
			R ao Quadrado	0,99951
			Nº de observações	3
			Graus de Liberdade	2
			 Coeficiente(s) X	1,7358834
			Erro padrao de coeficiente	0,01425045
0		0	VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTIVO - METODO DE BLANEY-CRIDDLE	
29	28,00	27,510727	Resultado de Regressao	
242	238,60	233,59986	Constante	0
305	290,40	294,41304	Erro padrao de valores estimados em Y	4,54672
			R ao Quadrado	0,99893
			Nº de observações	3
			Graus de Liberdade	2
			 Coeficiente(s) X	0,96528867
			Erro padrao de coeficiente	0,01164673
0		0	VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTIVO - METODO DE FAO-TANQUE - CLASSE A	
29	28,20	29,110286	Resultado de Regressao	
242	253,00	247,18208	Constante	0
305	307,00	311,53113	Erro padrao de valores estimados em Y	5,25395
			R ao Quadrado	0,99874
			Nº de observações	3
			Graus de Liberdade	2
			 Coeficiente(s) X	1,02141354
			Erro padrao de coeficiente	0,01345835

APENDICE 4

0			0	VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTIVO - METODO DE HARGREAVES 1	
29	26,20	17,664563		Resultado de Regressao	
242	144,00	149,99383	0	Constante	0
305	193,00	189,04181		Erro padrao de valores estimados em Y	7,88819
				R ao Quadrado	0,99153
				Nº de observações	3
				Graus de Liberdade	2
				Coefficiente(s) X	0,61980922
				Erro padrao de coeficiente	0,02020612
0			0	VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTIVO - METODO DE LISIMETRO	
29	28,50	28,5		Resultado de Regressao	
242	242,00	242	0	Constante	0
305	305,00	305		Erro padrao de valores estimados em Y	0
				R ao Quadrado	1
				Nº de observações	3
				Graus de Liberdade	2
				Coefficiente(s) X	1
				Erro padrao de coeficiente	0
0			0	VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTIVO - METODO DE THORNTHWAITE	
29	22,00	22,162869		Resultado de Regressao	
242	196,00	188,18998	0	Constante	0
305	231,00	237,18158		Erro padrao de valores estimados em Y	7,04397
				R ao Quadrado	0,99604
				Nº de observações	3
				Graus de Liberdade	2
				Coefficiente(s) X	0,77764454
				Erro padrao de coeficiente	0,01804359
0			0	VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTIVO - METODO DE RADIAÇÃO SOLAR	
29	26,00	27,29077		Resultado de Regressao	
242	237,00	231,73215	0	Constante	0
305	288,00	292,05912		Erro padrao de valores estimados em Y	4,79024
				R ao Quadrado	0,99881
				Nº de observações	3
				Graus de Liberdade	2
				Coefficiente(s) X	0,95757089
				Erro padrao de coeficiente	0,01227051
0			0	VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTIVO - METODO DE JENSEN-HAISE	
29	34,00	32,68983		Resultado de Regressao	
242	281,00	277,5768	0	Constante	0
305	347,00	349,83853		Erro padrao de valores estimados em Y	3,27812
				R ao Quadrado	0,99961
				Nº de observações	3
				Graus de Liberdade	2
				Coefficiente(s) X	1,14701159
				Erro padrao de coeficiente	0,00839711
0			0	VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTIVO - METODO DE PENMAN	
29	30,10	32,248093		Resultado de Regressao	
242	278,00	273,82591	0	Constante	0
305	342,00	345,11117		Erro padrao de valores estimados em Y	3,98225
				R ao Quadrado	0,99942
				Nº de observações	3
				Graus de Liberdade	2
				Coefficiente(s) X	1,13151204
				Erro padrao de coeficiente	0,01020081