DETERMINAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA PARA A CULTURA DO MILHO
(*Zea mays* L.) PELO MÉTODO LISIMÉTRICO

MARITA CONCEIÇÃO FERREIRA LUTGARDS DE MOURA

Engenheira-Agrônoma

Orientador: Prof. Dr. Tarlei Arriel Botrel

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Irrigação e Drenagem.

P I R A C I C A B A

Estado de São Paulo - Brasil

Agosto - 1990

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCAP/USP

L953d Luitgards de Moura, Marita Conceição Ferreira
Determinação do consumo de água para a cultura
do milho (Zea mays L.) pelo método lisimétrico.
Piracicaba, 1990.
94p. ilustr.

Diss. (Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Evapotranspiração 2. Lisímetro 3. Milho -
Água - Consumo I. Escola Superior de Agricultura
Luiz de Queiroz, Piracicaba

CDD 633.15

DETERMINAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA PARA A CULTURA DO MILHO
(*Zea mays* L.) PELO MÉTODO LISIMÉTRICO

MARITA CONCEIÇÃO FERREIRA LUTGARDS DE MOURA

Aprovada em: 19.09.1990

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Tarlei Arriel Botrel ESALQ/USP

Prof. Dr. Nilson Augusto Villa Nova ESALQ/USP

Prof. Dr. Hugo Ghelfi Filho ESALQ/USP

PROF. DR. TARLEI ARRIEL BOTREL

Orientador

POEMA DO MILHO

"E o milho realiza o milagre genético de nascer
Germina. Vence os inimigos

Aponta aos milhares

- Seis grãos na cova

- Quatro na regra, dois de quebra

Um canudinho enrolado

Amarelo - pálido,

frágil, dourado se levanta

Cria substância

Passa a verde

Liberta-se Enraíza

Abre folhas espaldeiradas

Encorpa. Encana. Disciplina,

Com os poderes de Deus...

Cresce na vista dos olhos

Aumenta de dia. Pula de noite.

Verde. Entonado, disciplinado, sadio...

Milho embandeirado, bonecando em gestação

- Senhor! ... Como a roça cheira bem!

Flor de milho, travessa e festiva.

Flor feminina, esvoaçante, faceira.

Flor masculina, lúbrica, desgraciosa.

Bonecas de milho túrgidas, negaceando, se mostrando
vaidosas.

Túnicas, sobretúnicas

Saias, sobre - saias

Anáguas. Camisas verdes.

Cabelos verdes

Cabeleiras soltas, lavadas, despenteadas.

- O milharal é desfile de beleza vegetal..."

Ana Lins dos Guimarães Peixoto Bretas

CORA CORALINA

A Deus, pela presença

constante na minha vida

DEDICO

AGRADECIMENTO

Ao concluir este trabalho sentimonos no dever de com sinceridade agradecer às seguintes pessoas e instituições:

De forma especial ao Professor Dr. Tarlei Arriel Botrel, pela orientação, ensinamento e amizade, que contribuíram para a minha formação.

Aos Professores do Curso de Pós-Graduação em irrigação e drenagem pelo que deles aprendi durante o curso, meu muito obrigada.

A todos os professores da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", especialmente os professores Dr. Nilson Augusto Villa Nova e Dr. Keigo Miname.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural pela cooperação.

A todos os colegas de curso com os quais convivemos estes anos.

Aos funcionários da Biblioteca Central da ESALQ, pelo carinho e ótimo atendimento.

Aos funcionários Laudelino Polisel e Renato Benedito, pela ajuda no experimento em sua parte de campo, o meu respeito.

À minha família, especialmente José Fernando Soares Dias, Amariles Santos Dias, Alberto Cristovão Baneiros Martins e Raimunda Amalia Martins de Moura pela sempre

pronta colaboração na resolução de problemas. Meu carinho e agradecimento.

À Antonio Luitgards Moura, meu marido, pela amizade, companheirismo e apoio.

A Universidade Estadual do Maranhão pela oportunidade de realização do curso.

Ao Departamento de Fitotecnia da UEA pela concessão do afastamento das atividades docentes.

Ao plano Institucional de Capacitação de Docentes (PICD) pela concessão da Bolsa de Pós-Graduação.

Aos colegas e amigos da Universidade Estadual do Maranhão, especilamente a João Augusto Ramos e Silva, Rosa Fiterman, Ivana Fiquene Pereira pelo incentivo e cooperação.

A todos aqueles cujos nomes não foram aqui citados porém tiveram participação nesta tarefa, quer com uma ajuda física, quer com uma palavra de estímulo, ou mesmo de outra maneira, cooperando para que este trabalho atingisse seus objetivos.

Í N D I C E

	Página
LISTA DE FIGURAS	viii.
LISTA DE TABELAS	x.
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS	xii.
RESUMO	xv.
SUMMARY	xvi.
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
3. MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1. Localização da Área Experimental	13
3.2. Caracterização da Área Experimental	13
3.2.1. Dimensões da área experimental	13
3.2.2. Solo	15
3.2.3. Clima	17
3.2.3.1. Condições meteorológicas	17
3.2.4. Lisímetros	18
3.3. Instalação do Experimento	18
3.3.1. Preparo do solo	18
3.3.2. Instalação dos lisímetros	18
3.3.3. Semeadura	23
3.4. Práticas Culturais	23
3.4.1. Adubação	23
3.4.2. Irrigação da bordadura	24
3.4.3. Capinas, aplicação de defensivos e a- montoa	24

	Página
3.5. Determinações Realizadas	25
3.5.1. Consumo de água nos lisímetros	25
3.5.2. Estimativa de coeficientes de cultura (Kc)	26
3.5.3. Determinação da evapotranspiração de referência ETo	27
3.5.3.1. Método do tanque classe "A" ..	27
3.5.3.2. Método de Thornthwaite	27
3.5.3.3. Método de radiação solar	29
3.5.3.4. Método de Penman	29
3.5.3.5. Método de Penman modificado ..	30
3.5.4. Parâmetros de rendimento da cultura ...	31
3.5.4.1. Índice de área foliar	34
3.5.4.2. Produção por área	34
4. RESULTADOS	35
4.1. Evapotranspiração Máxima	35
4.2. Estimativa da Evapotranspiração de Referência e Coeficiente de Cultura	35
4.3. Parâmetros de Rendimento da Cultura	44
5. DISCUSSÃO	45
5.1. Evapotranspiração Máxima	45
5.2. Coeficiente de Cultura (Kc)	50
6. CONCLUSÕES	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA	60
APÊNDICE	66

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Dimensões da área experimental.	14
2	Croquis do evapotranspirômetro de lençol freático constante.	21
3	Figura 3.	22
4	Figura 4.	22
5	Período de desenvolvimento do milho (<i>Zea mays</i> L.) adaptados de DOOREMBOS & KASSAN (1979).	33
6	Evapotranspiração máxima e índice de área foliar no ciclo da cultura	46
7	Precipitação em mm ao longo do ciclo.	47
8	Valores de ETo por pântada para os vários métodos	48
9	Coeficiente de cultura (Kc) relativo ao método de Penman.	49
10	Coeficiente de cultura (Kc) relativo ao método de Penman modificado.	50
11	Coeficiente de cultura (Kc) relativo ao método do tanque classe "A".	51
12	Coeficiente de cultura (Kc) relativo ao método de Radiação.	52

Figura	Página
13 Coeficiente de cultura (Kc) relativo ao método de Thornthwaite.	56
14 Coeficiente de cultura determinados e sugerido pela FAO (1979)	57

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Características físicas do solo (média de 9 repetições).	16
2	Tensão versus umidade volumétrica (%) para as diferentes profundidades.	16
3	Características químicas do solo.	17
4	Datas de emergência, início e fim dos estágios vegetativos e reprodutivos e maturação fisiológica, para a cultura do milho (<i>Zea mays</i> L.). Piracicaba - SP, 1989-1990.	32
5	Valores médios por pântadas de evapotranspiração máxima medida (ET _m).....	36
6	Valores de evapotranspiração de referência estimados segundo o método do tanque classe "A" (ET _{oA})	37
7	Valores de evapotranspiração de referência estimados segundo o método de Thornthwaite (ET _{oTh})...	38
8	Valores de evapotranspiração de referência estimados segundo o método de radiação solar (ET _{oRs})	39
9	Valores de evapotranspiração de referência estimados segundo o método de Penman (ET _{oPn}).	40
10	Valores de evapotranspiração de referência estimados segundo o método de Penman modificado (ET _{oPn} [*]).	41

Tabela	Página
11 Valores de evapotranspiração de referência estimados pelos diferentes métodos.	42
12 Valores dos coeficientes de cultura determinado pelos diferentes métodos.	43
13 Índice de área foliar, altura de plantas e número de folhas por plantas.	44

ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

- ET_o = Evapotranspiração de referência, (mm/período).
- ET_{oA} = Evapotranspiração de referência, estimada pelo método do tanque classe A.
- ECA = Evaporação observada no tanque classe "A".
- K_p = Coeficiente de tanque.
- ET_{oTh} = Evapotranspiração de referência estimada pelo método de Thornthwaite.
- ET_{oRs} = Evapotranspiração de referência pelo método da Radiação solar.
- C = Coeficiente angular da regressão ET_o x W_{Rs}. Valores de C são demonstrados na tabela do apêndice para diversos intervalos de umidade relativa e vento.
- W = fator que representa a parte fracional de R_s que é utilizada na evapotranspiração. Tabela do apêndice.
- R_s = Radiação solar estimada, (mm/dia).
- Q_o = Constante solar diária (mm/dia). Tabela do apêndice.
- n = Horas de brilho solar havidas no dia considerado. (heliógrafo).
- N = Horas de brilho solar máxima possíveis no dia considerado, função do mês e latitude do local. Tabela do apêndice.
- $\frac{n}{N}$ = relação de insolação.
- ET_{oPn} = Evapotranspiração de referência estimada pelo método de Penman.

- Δ = Tangente a curva de Tensão de saturação do vapor d'água no ponto de temperatura do ar considerado, (mm Hg/°C). Tabela do apêndice.
- T_a = Temperatura do ar (°K).
- RL = Radiação Líquida (mm/dia).
- γ = Constante psicrométrica $\approx 0,5 \text{ mm Hg/}^\circ\text{C}$.
- E_a = poder evaporante do ar, como função do vento e déficit de saturação relativo a superfície vegetada, (mm/dia).
- a e b = parâmetros da regressão $Q_o \cdot \frac{n}{N}$ para as condições do planalto paulista $a = 0,24$ e $b = 0,58$ CERVellini *et alii* (1966), citado por VILLA NÓVA (1989).
- r = poder refletor da superfície evaporante (albedo), $r = 0,25$ valor médio de plantas verdes em geral.
- δ = constante de Stefan Boltzman ($\delta = 20,17 \times 10^{-10}$ milímetros de evaporação equivalente/°K⁴).
- e = valor médio diário da pressão parcial de vapor d'água do ar em mm de Hg.
- $e_s(t)$ = tensão de saturação do vapor d'água atmosférico a temperatura média do ar (mm/Hg). Tabela do apêndice.
- UR = Umidade Relativa (%).
- U = Velocidade do vento a 2,0 metros acima da superfície evaporante (m/s).
- ET_{oPn}^* = Evapotranspiração de referência estimada pelo método de Penman modificado.
- T = Temperatura do ar (°C).

E_{Pi} = Evaporação média no evaporímetro tipo Piche (cm^3/dia).

ET_m = Demanda climática ideal ou evapotranspiração máxima (mm/dia).

K_c = coeficiente de cultura (adimensional).

K_{cA} = coeficiente de cultura calculado em relação a ET_oA .

K_{cPn} = coeficiente de cultura calculado em relação a ET_oPn .

K_{cPn}^* = coeficiente de cultura calculado em relação a ET_oPn^* .

K_{cRs} = coeficiente de cultura calculado em relação a ET_oRs .

K_{cTh} = coeficiente de cultura calculado em relação a ET_oTh .

DETERMINAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA PARA A CULTURA DO MILHO
(*Zea mays* L.) PELO MÉTODO LISIMÉTRICO

Autora: MARITA CONCEIÇÃO F. L. DE MOURA

Orientador: TARLEI ARRIEL BOTREL

RESUMO

Em um experimento, desenvolvido no município de Piracicaba - SP, na área experimental do Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" ESALQ/USP, determinou-se a evapotranspiração máxima (ET_m) para a cultura do milho (*Zea mays* L.), utilizando uma bateria de três lisímetros de lençol freático constante, comparando-a com as evapotranspirações de referência (ET_o) estimadas pelos métodos do tanque Classe "A", Thornthwaite, radiação solar, Penman e Penman modificado, com vistas a obtenção do coeficiente cultural (kc).

Os resultados obtidos para o consumo hídrico foram 533,76 mm, 528, 20 mm e 529,45 mm durante todo o ciclo do milho, com lâmina média diária de 4,08 mm. O lisímetro de lençol freático constante apresentou-se como um instrumento bastante confiável para leituras diárias permitindo a determinação do coeficiente nos vários estádios de desenvolvimento da cultura.

WATER CONSUMPTION DETERMINATION FOR THE CORN CROP
(*Zea mays* L.) BY THE LYSIMETRIC METHOD

Author: MARITA CONCEIÇÃO F. L. DE MOURA

Adviser: TARLEI ARRIEL BOTREL

SUMMARY

In one experiment, development in Piracicaba, SP, in the experimental area of the Rural Engineering Department of "Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz", ESALQ/USP, it was determined the maximum evapotranspiration for the corn crop (*Zea mays* L.) using one set of three constant water table level lysimeters comparing it with the reference evapotranspiration values (E_{To}) estimated by the class A tank methods (E_{ToA}), Thornthwaite method (E_{ToTh}), solar radiation method (E_{ToRs}), Penman method (E_{ToPn}) and modified Penman method (E_{ToPn}^*), aiming at the obtention of the crop coefficient (K_c).

The obtained results for the water consumption were 533,76 mm, 528,20 mm and 529,45 mm during the whole vegetative corn cycle, with daily average blade of 4,08 mm. The constant water table level lysimeter seemed as an ins-

trument rather reliable for daily lectures allowing the determination of the coefficients on the various crop development stages.

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) nativo da América, é um dos mais cultivados cereais, devido a sua multiplicidade de uso na alimentação humana e animal. Com área plantada 131,475 milhões de hectares e produção mundial acima de 480,156 milhões de toneladas de grãos.

O Brasil, apesar de ser considerado o terceiro maior produtor mundial de milho, com uma produção de 20,510 milhões de toneladas, apresenta produtividade de um modo geral muito baixa desse cereal, da ordem de 2,5 toneladas por hectare na região Sul e Sudeste e de 500 quilos por hectare na região Nordeste, sendo a área cultivada com milho estimada em onze milhões de hectares. Entre os diversos fatores que contribuem para esta baixa produtividade destaca-se o baixo nível de tecnologia empregado pela maioria dos agricultores. A produção de milho é importante tanto no produto alimentício em si, como também é insumo para a produção de carnes (aves e porcos etc), assumindo, este cereal, grande valor para a economia nacional, tornando-se imprescindível que se tenha cada vez mais dados experimentais que tratem de aspectos importantes para o cultivo do milho, como o manejo da água na agricultura.

O custo da utilização de água na agricultura irrigada, exige que sua aplicação seja feita com eficiência, de forma a se reduzir os inputs de energia sem prejuízo da produção. Na maioria dos projetos de irrigação, a captação e a elevação do nível de água são fatores relevantes, visto que o alto custo da energia encarece o insumo água e com isso torna-se necessário uma utilização de água de forma econômica. O bom manejo da irrigação requer determinações acuradas da evapotranspiração, quanto melhor for o conhecimento deste valor, melhor será empregada a quantidade de água a ser aplicada. A razão entre a evapotranspiração de uma cultura e a evapotranspiração de uma cultura de referência ou potencial é denominada coeficiente de cultura e o conhecimento dos valores desse coeficiente é essencial em projetos de irrigação, permitindo determinar quando e quanto irrigar, mediante uso de dados climáticos parâmetros físicos do solo e condições de manejo da cultura.

O presente trabalho tem por objetivo obter dados de demanda hídrica da cultura do milho irrigado para as condições climáticas de Piracicaba, fornecendo subsídios para o dimensionamento criterioso de projetos de irrigação.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A água é o principal constituinte do protoplasma das células vegetais, compreendendo mais de 90% de sua massa total, mesmo assim é geralmente menos que 1% do total de evapotranspirado durante o ciclo de crescimento da planta. A presença de água é fundamental para a manifestação de todos os fenômenos físicos, químicos e biológicos essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Esta substância é essencial para a manutenção da estrutura e atividades celulares, participante direta de reações químicas, veículo pelo qual muitas substâncias são dissolvidas e transportadas, sendo responsável pela rigidez das células através da turgescência, implicando consequentemente na abertura estomática por onde ocorrem as trocas gasosas indispensáveis para a sobrevivência da espécie vegetal. A planta necessita de água para obter ótimo crescimento e ótima produção.

De acordo com WATSON (1952) a planta tem sua constituição genética que interage com fatores externos nos processos fisiológicos no que resultam fenômenos de crescimento e desenvolvimento.

Entre os fatores de produção de uma cultura, a disponibilidade da água é responsável pelo aumento de produ-

ção e segundo DOPPLER (1983) a irrigação é a base do desenvolvimento, pois permite regular o fator água da produção.

Considerando-se os altos custos da aplicação de água, bem como sua escassez em algumas situações, imprescindível se torna a determinação do consumo de água, para cada cultura nos vários estágios de desenvolvimento, nas condições climáticas da região considerada. A determinação do processo evatranspirativo é a medida mais racional para planejar e operar um projeto de irrigação.

O primeiro relato do termo evapotranspiração foi feito por THORNTHWAITE (1948) que o definiu como a água evapotranspirada de uma superfície natural coberta por uma vegetação em fase de crescimento ativo, e com o teor da umidade do solo próximo a capacidade de campo e a chamou de evapotranspiração potencial, diferindo da evapotranspiração real que é aquela observada em uma cultura sob quaisquer fase de crescimento e umidade do solo.

De acordo com PENMAN (1956) evapotranspiração potencial, seria a quantidade de água transpirada na unidade de tempo por uma cultura verde, de altura uniforme e sem qualquer restrições de água. WRIGHT & JENSEN (1972) sugeriram que a cultura de referência, por apresentar características aerodinâmicas e anatômicas semelhantes às principais culturas, deveria ser a alfafa com tamanho variando de 30 a 50 cm de altura, em fase de crescimento ativo. Mais tarde DOOREMBOS & PRUITT (1977) definiram a grama como sendo a cultura verde de altura uniforme (com 8 a 15 cm de altura).

DOOREMBOS & PRUITT (1977); DOOREMBOS & KASSAM (1979); BURMAN *et alii* (1983) e SEDIYAMA (1987), definiram a evapotranspiração potencial como sendo a evapotranspiração que ocorre em uma superfície totalmente vegetada com grama batatais (*Paspalum notatum* L.), com 8 a 15 cm de altura, em fase de crescimento ativo, estando o solo com teor de umidade próximo ao da capacidade de campo.

BLANEY E CRIDDLE (1952) definiam o termo uso consumptivo como sendo a soma dos volumes de água consumida na transpiração e formação de tecidos da planta, com aquela evaporada do solo adjacente durante algum tempo especificado, dividido pela área cultivada expresso em milímetros de altura de água por área, relacionada a um ciclo da cultura. Mais tarde SCARDUA (1970) comparando as duas definições, considera evapotranspiração como sinônimo de uso consumptivo.

As plantas desde a semeadura até a colheita passam por diferentes estágios. De acordo com GANGOPADHYAYA (1966) os diferentes estágios de uma cultura apresentam diferentes necessidades de água e uma das maneiras de se quantificar essas necessidades é a determinação da evapotranspiração. O autor definiu evapotranspiração real como a soma da água evaporada por uma superfície vegetada e transpirada pelas plantas, nas condições meteorológicas existentes e nas condições atuais de umidade do solo. Dependendo assim a evapotranspiração de inúmeros fatores como variáveis do solo, do clima e da planta.

Vários métodos de determinação da evapotranspiração, adotados em diversas partes do mundo, foram revisados por BURMAN *et alii* (1983) os mesmos autores classificaram os métodos em dois grandes grupos: método onde a evapotranspiração potencial pode ser determinada a partir de medidas diretas. Nesse grupo enquadram-se os lisímetros, potômetros, balanço hídrico, controle de umidade de solo. Ou através de dados climáticos, também chamados de métodos indiretos ou de estimativas, no qual se mede a evaporação (evaporímetros) ou avalia a evapotranspiração de referência (fórmulas empíricas e racionais) correlacionando-as com a evapotranspiração da cultura através dos coeficientes de proporcionalidade: coeficiente do tanque classe "A" (K_p) e coeficiente cultural (K_c).

A determinação do coeficiente de cultura (K_c) é obtido experimentalmente através de evapotranspirômetro onde se relacionam, para as diferentes fases do ciclo fenológico de uma cultura, a evapotranspiração máxima medida com a evapotranspiração de referência DOOREMBOS e KASSAM 1979. É importante lembrar que tanto na determinação do coeficiente de cultura como na posterior estimativa da evapotranspiração máxima a cultura de referência deve ser a mesma, BURMAN *et alii* (1983).

A evapotranspiração de referência também pode ser medida diretamente em lisímetros ou estimada através de fórmulas racionais e empíricas. DOOREMBOS & PRUITT (1977) relacionaram 31 fórmulas e os respectivos parâmetros neces-

sários a sua utilização. De acordo com VILLA NOVA (1988) existem aproximadamente 50 métodos ou técnicas para estimar a evapotranspiração de referência, desde modelos simples baseados somente na temperatura do ar à sombra, até técnicas complexas, baseadas em modelos físicos, que incluem vários parâmetros meteorológicos cada uma delas determinada para condições climáticas bem definidas sendo sua aplicação restrita a regiões com climas semelhantes. Modelos teóricos estimam a evapotranspiração de referência em função de elementos do clima como THORNTHWAITE (1948), BLANEY-CRIDDLE (1952), PENMAN (1956), MAKINK (1957), JENSEN e HAISE (1963), MONTHEITH (1965), PRUITT (1966), PRIESTHEY e TAYLOR (1972), HARGREAVES (1977), LINACRE (1977), HARGREAVES e SAMANI (1985) entre outros. Apesar do elevado número de métodos para avaliar a evapotranspiração, nenhum parece desfrutar de uma preferência absoluta. De acordo com TANNER (1968), a escolha de método mais adequado varia com a precisão requerida no período de determinação, conveniência e custo. A determinação da evapotranspiração em condições de campo e com precisão adequada é realizada com equipamentos denominados "lisímetros" que servem de padrão comparativo para as estimativas oriundas através de diferentes métodos, ABOUKHALED *et alii* (1982).

Lisímetros são tanques enterrados preenchidos com solo até a superfície do terreno, e cultivado com a mesma cultura da bordadura, nos quais se mede por vários processos, a água evapotranspirada pela cultura. Mede a evapo-

transpiração máxima para a cultura ou a evapotranspiração de referência para a grama batatais (*Paspalum notatum* L.), quando não há restrições de água, ABOUKHALED et alii (1982). Os mesmos autores descrevem vários tipos de lisímetros e suas aplicações, classificando-os de acordo com o mecanismo de funcionamento e relatam, que os lisímetros de drenagem tem precisão na obtenção de dados de evapotranspiração em períodos iguais ou superiores a sete dias. Para obtenção de dados diários torna-se necessário a utilização de lisímetros de pesagem, porém estes apresentam custos superiores ao lisímetro de drenagem.

BERNARDO (1982) classificou os lisímetros em pesáveis e não pesáveis. Entre os lisímetros não pesáveis ASSIS & VILLA NOVA (1980) desenvolveram um lisímetro de lençol constante, o qual se aplica melhor à determinação da evapotranspiração máxima porque o solo estará a todo tempo sob condições ótimas de umidade, sem comprometimento da aeração, como ocorre nos lisímetros convencionais.

O primeiro relato da utilização de lisímetros se deu na França em 1688 onde De LA HIRE comparou a evapotranspiração em solo pouco arenoso com ou sem vegetação. LAWES & GILBERT (1870) construíram o primeiro lisímetro contendo solo não deformado na Inglaterra. VON SEELHORST (1906) foi o primeiro a instalar lisímetros de pesagem na Alemanha. Em 1937 foram construídos lisímetros monolíticos no Estado de Ohio - EUA, providos de registradores que permitiam medir os principais componentes do ciclo hidrológico, como a

percolação profunda, evapotranspiração, precipitação e água de escoamento. Foi instalado (1958) na Califórnia - EUA um dos maiores e mais precisos lisímetros pesantes, ABOUKHALED *et alii* (1982).

Para o cálculo da evapotranspiração real vários pesquisadores se utilizaram de lisímetros, tais como PIERCE (1958), DENMEAD & SHAW (1962), Mc ILROY & ANGUS (1963), VISSER (1965).

De acordo com VAN BAVEL (1961) RITCHIE (1973) e VILLA NOVA (1973) entre os métodos de determinação da evapotranspiração, o método dos lisímetros é o mais preciso, pois permite estimativas da evapotranspiração desde intervalos horários até mensais em função do tipo lisímetro empregado. TANNER (1968), recomenda o emprego de lisímetro para avaliar a precisão dos métodos micrometeorológicos e calibrar as fórmulas empíricas que podem ser empregadas na estimativa de evapotranspiração potencial.

Atualmente vem sendo muito utilizado no Brasil o lisímetro de nível freático constante, para a determinação do valor da evapotranspiração máxima de cada fase das culturas.

ASSIS (1978) correlacionou os valores da evapotranspiração potencial da grama medida através dos lisímetros de nível freático constante com valores estimados através dos tanque classe "A" e PENMAN, concluindo que, para a região de Piracicaba a relação de valores estimados e medidos é da forma $ET_{oE} = 0,81 ET_{oM}$.

ENCARNAÇÃO (1980) mediu a evapotranspiração da cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) nas condições de Piracicaba, através de uma evapotranspirômetro de nível freático constante, comparando-a com os valores estimados pelos métodos de Penman, radiação solar, LINACRE e tanque classe "A", concluindo que o último fornece valores mais próximos dos recomendados pela DOOREMBOS e KASSAM 1979.

Para avaliar a demanda climática ideal dos vários estágios de desenvolvimento de cana-de-açúcar na região de Araras; BARBIERI (1981) utilizou equipamento semelhante aos anteriores e concluiu não haver diferença significativa entre os coeficientes de cultura determinados pelos métodos de PENMAN, radiação solar e tanque classe "A".

Utilizando um lisímetro de lençol freático constante, CURY (1985) determinou os coeficientes de cultura para a cultura de repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) em relação à evapotranspiração estimada pelos métodos de PENMAN, PENMAN modificado, tanque classe "A", radiação solar, THORNTHWAITE, THORNTHWAITE modificado e LINACRE, comparando-os com os valores propostos pela FAO (1979). Concluiu existir grandes diferenças entre eles, e que os valores obtidos no inverno são sempre superiores ao do verão.

Segundo ORTOLANI *et alii* (1966), JENSEN (1963), DOOREMBOS & PRUITT (1977), ALLEM 1989 existe uma estreita relação entre a evapotranspiração medida em lisímetro e estimada pelos métodos de PENMAN e tanque classe "A".

CAMARGO (1966), realizando estudos comparativos entre evapotranspiração potencial medida em três localidades no Estado de São Paulo e estimada através de quatro diferentes métodos (THORNTHWAITE, BLANEY-CLIDDLE modificado, PENMAN-BAVEL e BLANEY-CLIDDLE original); constatou que os valores estimados pelos dois primeiros métodos se mostravam consistentes com os medidos, enquanto que os dois últimos evidenciaram discrepância.

SAAD & SCALOPI (1988) avaliaram onze métodos climatológicos para estimar a evapotranspiração potencial ou de referência (ET.) utilizando dados meteorológicos relatados por JENSEN (1979) para a região de Kimberly, Idaho, e compararam os resultados com o valor de ET. medido em lisímetro pesável de precisão, para uma cultura de alfafa. Os autores concluíram que o método que forneceu os melhores resultados foi o de PENMAN-MONTEITH e que todas as estimativas revelaram-se inferiores ao valor medido em lisímetro.

SCARDUA (1970) encontrou coeficientes de proporcionalidade entre a evapotranspiração de uma cultura de milho e a evapotranspiração tanque classe "A", variáveis com o regime de umidade do solo e o estágio de desenvolvimento da cultura.

ESPINOZA (1979) em um estudo para avaliar as perdas de água por evapotranspiração de uma cultura de milho, em quatro densidades de plantio: (20, 40, 60 e 80 mil plantas por hectare), verificou que, com exceção de 20.000 mil plantas/ha, apresentavam uma evapotranspiração similar.

Embora YAO & SHAW (1964) tenham encontrado que as maiores densidades de plantio apresentam ET mais baixa, por ser menor a radiação líquida que penetra na vegetação. Já para TANNER *et alii* (1960) elevadas populações de milho apresentam uma evapotranspiração mais elevado do que as baixas populações, o que seria devido à diferença na magnitude do componente transpiração da ET.

DOSS *et alii* (1962), comparando a evapotranspiração do milho com a evaporação do tanque classe "A", encontraram um Kc de 0,38 no início passando para 1,12 durante o estágio de máximo desenvolvimento e reduzindo a 0,95 na fase de maturação dos grãos.

DOWNEY(1971) determinou uma evapotranspiração total para o milho, entre a semeadura e a colheita de 560 mm e que não foi afetado, significativamente, pela densidade de plantio.

Através de lisímetros, THOMAS *et alii* (1972) citado por SCARDUA (1970) encontraram que, em média, o consumo de água pelo milho, foi de 360 mm, da semeadura ao pendoamento.

DENMEAD & SHAW (1959) estudando a relação entre a evapotranspiração do milho e a evaporação do tanque classe "A" verificaram um aumento de 0,36 no início da cultura para 0,81 no máximo desenvolvimento reduzindo após, indicando redução na atividade fisiológica.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização da Área Experimental

A área experimental onde foi conduzido este experimento, localiza-se no Campus da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - ESALQ, da Universidade de São Paulo - USP, na cidade de Piracicaba - São Paulo. O local situa-se a 2.000 m do posto Agrometeorológico do Departamento de Física e Meteorologia e encontra-se a 580 m acima do nível do mar numa latitude de $22^{\circ}42'30''\text{s}$ e numa longitude de $47^{\circ}38'00''\text{w}$.

3.2. Caracterização da Área Experimental

O relevo da região é ondulado, mas a área experimental, onde foram instalados os lisímetros apresenta-se com uma declividade em torno de 6,5% no sentido leste (Figura 1).

3.2.1. Dimensões da área experimental

A área experimental, mede cinquenta metros de comprimento por vinte metros de largura. A Figura 1 mostra esquematicamente detalhes da área experimental.

Figura 1 - Lay-out da área experimental.

3.2.2. Solo

O solo do local foi descrito e classificado por RANZANI *et alii* (1966) como Terra Roxa Estruturada série "Luiz de Queiroz" e pela classificação americana (U.S.D.A., 1976) como um Palendalf óxico. Este tipo de solo tem como origem as rochas eruptivas básicas e apresenta um perfil homogêneo e muito profundo, com lençol freático a vários metros abaixo da superfície.

Para as caracterizações físico-hídrica do solo, foram aproveitadas as três trincheiras abertas para a instalação dos tanques lisimétricos, de onde foram retiradas amostras com estrutura deformada e indeformada em quatro profundidades, conforme demonstram as Tabelas 1 e 2.

Para a caracterização química o procedimento foi o seguinte: foram retiradas amostras de vários pontos da área, as quais foram misturadas, de onde retiramos uma única amostra de aproximadamente 2 Kg. A análise química foi feita no laboratório do Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes da ESALQ/USP. A Tabela 3 mostra o resultado da análise.

Tabela 1 - Características físicas do solo (média de 9 repetições).

PROFUN- DIDADE (cm)	GRANULAMETRIA			DENSID. DE PARTÍCULAS g/cm ³	DENSID. GLOBAL g/cm ³	CAPACIDADE DE CAMPO %	PMP (1) %
	ÚREA %	SILTE %	ARGILA %				
0-20	36,43	17,78	45,79	2,52	1,65	29,77	24,79
20-40	40,55	15,69	43,76	2,64	1,49	33,92	28,41
40-60	41,35	16,75	41,90	2,63	1,48	37,02	32,93
60-80	40,95	10,20	40,85	2,58	1,47	39,01	35,58
MÉDIA				2,59	1,52		

(1) PMP = Ponto de Muchamento Permanente.

Tabela 2 - Tensão versus umidade volumétrica (%) para as diferentes profundidades.

PROFUNDIDADE (cm)	TENSÕES (atm)											
	Sat.	0,01	0,02	0,04	0,07	0,1	0,2	0,33	0,517	1	5	15
0-20	39,66	39,00	37,47	34,65	33,65	32,67	30,18	29,77	29,01	28,49	26,05	24,79
20-40	44,39	43,09	40,78	38,15	36,90	35,78	34,23	33,92	33,20	32,23	30,66	28,41
40-60	42,66	43,87	41,16	39,23	38,45	37,67	37,42	37,02	36,42	35,87	34,40	32,93
60-80	44,16	43,81	43,53	41,98	41,04	40,41	39,67	39,01	38,37	38,08	36,68	35,58

Tabela 3 - Características químicas do solo.

P mg/cm ³	M. O. %	pH(CaCl)	K	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V %
			meq/100 cm ³						
2	2,6	5,6	0,21	3,14	1,07	1,8	4,4	6,2	71,1

P = Fósforo

M.O. = Matéria Orgânica

pH(CaCl) = Potencial de Hidrogênio em Cálcio e Cloro

K = Potássio

Ca = Cálcio

Mg = Magnésio

SB = Soma de Bases = K + Ca + Mg

T = Capacidade de Troca Cationica $\Rightarrow T = SB + (H+Al)$

V = % de Saturação de Base = $\frac{SB \times 100}{T}$

H = Hidrogênio

Al = Alumínio

3.2.3. Clima

O clima da região é do tipo mesotérmico CWA, pela classificação climática de Wilhelm Köppen, ou seja, sub-tropical úmido, com estiagem no inverno, com temperatura média do mês mais frio inferior a 18°C e a média do mês mais quente superior a 22°C, também denominado de tropical de altitude por CAMARGO *et alii* (1974).

3.2.3.1. Condições meteorológicas

Os dados meteorológicos usados neste trabalho,

relativo a duração do ciclo da cultura, estão apresentados nas Tabelas 9 a 13 do Apêndice, e foram obtidos no Departamento de Física e Meteorologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo.

3.2.4. Lisímetros

Foram instalados na área uma bateria de três lisímetros do tipo lençol constante, que consiste em tanques enterrados, nos quais se mantinha o lençol freático com nível constante próximo ao sistema radicular, abastecidos por um reservatório de nível constante com bóia que era alimentado por um reservatório graduado, no qual fazíamos a medida da ETm.

3.3. Instalação do Experimento

3.3.1. Preparo do solo

O solo foi gradeado, sulcado e adubado de acordo com a análise química.

3.3.2. Instalação dos lisímetros

Utilizamos para a construção dos lisímetros: caixas de cimento amianto (1.10m x 1.30m x 0,72m) como tanques; caixas de cimento amianto (0,30m x 0,30m x 0,25m) pro-

vidas de sistemas de bóias e sistemas de regulagem de nível como reservatórios intermediários; recipientes cilíndricos, (0,25 m de diâmetro e 0,75 m de altura) de aço inoxidável graduado em litros como reservatórios de alimentação. Os tanques foram ligados aos reservatórios intermediários através de canalização de PVC de 22 mm e mangueiras flexíveis do mesmo diâmetro, que permitia a regulagem do nível. Os reservatórios intermediários foram ligados aos reservatórios de alimentação através de mangueira flexível de 13 mm. Os reservatórios de alimentação e intermediários se encontravam protegido em abrigo de madeira cobertos com telhas de cimento amianto (Figura 2).

Inicialmente abrimos três trincheiras com dimensões um pouco maiores do que as das caixas de cimento amianto, em seguida procedeu-se o nivelamento com auxílio de um nível de pedreiro e régua, posteriormente procedemos o assentamento das caixas de cimento amianto. Após feitas as ligações hidráulicas e executadas de maneira cuidadosa, foram testados para observarmos o funcionamento do conjunto. O solo retirado do local foi separado em camadas, para que fossem recolocadas obedecendo a ordem dos horizontes, com a finalidade do perfil do solo dentro dos tanques, aproximar-se ao máximo do solo ao redor. Procurando melhor distribuir a água dentro dos tanques, a tubulação de alimentação era ramificada, perfurada e recoberta com uma camada de 10 cm de brita.

A água era fornecida através do reservatório

A água era fornecida através do reservatório de alimentação que permitia estimar o consumo diário em até 0,05 litro. A manutenção do nível da água nos lisímetros era feita através de um reservatório intermediário provido de um sistema de bóia, que ficava sobre um suporte móvel vertical, possibilitando o ajuste ao nível desejado. Para que o sistema entrasse em operação foi necessário que o reservatório de alimentação fosse abastecido com água várias vezes até que por ascensão capilar o solo da caixa estivesse umedecido por fornecimento de água pelo lençol freático. Forneceu-se água ao tanque de alimentação até que a marcação no tubo de vidro indicasse nível zero e com a finalidade de evitar a entrada de água de chuva ou irrigação nos lisímetros, utilizou-se uma cobertura removível. O esquema de montagem dos lisímetros pode ser observado nas Figuras 2, 3 e 4.

Figura 2 - Croquis do evapotranspirômetro de lençol freático constante.

1 = Tubo de vidro graduado

2 = Caixa de nível constante

Figura 3 - Reservatório de alimentação e reservatória intermediária.

Figura 4 - Sistema de cobertura utilizado.

3.3.3. Semeadura

A semeadura foi realizada manualmente no dia 22 de setembro de 1989, em sulcos feitos com enxada, com aproximadamente 10 cm de profundidade. Foram semeadas três sementes no espaçamento de 0,20 m na linha e 1 m entre linhas. Após realizada a semeadura irrigamos a área experimental por um período de uma hora. A emergência ocorreu no sexto dia e no décimo-quinto processou-se o desbaste, para se obter uma população proporcional a 50.000 plantas/ha.

3.4. Práticas Culturais

3.4.1. Adubação

A adubação constou da aplicação de quantidades de adubo proporcionais a: 80 kg/ha de P_2O_5 , na forma de superfosfato simples; 30 kg/ha de K_2O , na forma de cloreto de potássio e 55 kg/ha de N, na forma de uréia. Todos os cálculos foram realizados considerando a área e o espaçamento.

O nitrogênio foi aplicado 27,27% na semeadura (15 kg/ha) e 72,72% em cobertura (40 kg/ha) aos trinta e cinco dias após a germinação. Os adubos foram pesados separadamente, misturados, colocados em copos plásticos e lançados na linha de plantio.

3.4.2. Irrigação da bordadura

Para irrigar a área de bordadura, foi utilizado um sistema de irrigação por aspersão fixo permanente, distribuído na área em quatro linhas, com dois aspersores cada, totalizando 8 aspersores espaçados de 12 x 12 m. O aspersor utilizado foi da marca Dantas, modelo MD-20 A, com bocais: 3,4 x 2,5 mm, trabalhando a uma pressão de serviço de 40 m.c.a., que produzia uma taxa de aplicação de 9,2 mm/h.

A lâmina de água aplicada por irrigação foi calculada com base nos dados físico-hídrico do solo, considerando-se uma profundidade de molhamento de 40cm nos primeiros trinta dias da cultura, aumentando a profundidade para 90 cm após este tempo.

Durante os 30 dias após as plantas emergirem, os primeiros sinais do déficit hídrico foram observados fisiologicamente através do enrolamento das folhas, antes mesmo que fosse consumida toda a água disponível; após este estágio, controlou-se a irrigação com dados de consumo de água do lisímetro e leituras dos tensiômetros instalados na área.

3.4.3. Capinas, aplicação de defensivos e amontoa

Antes da implantação do experimento, foi aplicado na área *Glyphosate*, na proporção de 3,0 litros/ha. As

capinas manuais foram em número de duas, no 26^o e 54^o dias após a semeadura, para evitar a competição por água, luz e nutrientes, das invasoras com o milho (*Zea mays* L.). No decorrer dos trabalhos, foi preciso aplicações de inseticidas *Chlorpyrifos etil* devido a presença da lagarta do cartucho *Spodoptera frugiperda* (SMITH, 1797). Estas aplicações foram efetuadas no vigésimo sétimo e quadragésimo segundo dias após a semeadura.

Juntamente com a segunda capina manual foi realizada a amontoa, com a finalidade de juntar terra próxima às raízes adventícias das plantas.

3.5. Determinações Realizadas

3.5.1. Consumo de água nos lisímetros.

A evapotranspiração máxima da cultura do milho, ou seja, os valores de consumo de água nos lisímetros, objetivo principal do presente trabalho, foram obtidos diariamente às 7:30 horas, pois devido à redução do fenômeno da transpiração durante a noite, esperava-se uma estabilização dos níveis de umidade do solo imediatamente superior à freática, permitindo uma avaliação mais correta da água consumida nos picos de transpiração. Verificou-se que os três tanques lisimétricos mantinham uma boa uniformidade nas leituras, que eram observadas pela variação do nível de água no tubo de nível do tanque de alimentação, tendo-se adotado

o valor médio como indicativo da ET_m.

3.5.2. Estimativa de coeficiente de cultura (K_c)

Diferentes culturas, por suas características genéticas apresentam diferenças significativas na absorção de água (atividade radicular, distribuição radicular), no transporte de água (resistências internas) e transpiração (área foliar, arquitetura da planta, mecanismo de regulação dos estômatos, coeficientes de reflexão), de forma que submetidas às mesmas condições edafoclimáticas, evapotranspiram semelhantemente à indivíduos da mesma espécie, estágio de desenvolvimento e estado fitossanitário; diferindo quando alguma das condições não for satisfeita.

A relação entre a evapotranspiração máxima (ET_m) de uma cultura, em um período específico de seu ciclo vegetativo, e a evapotranspiração de referência sob as mesmas condições climáticas é denominada de coeficiente de cultura (K_c) assim:

$$K_c = \frac{ET_m}{ET_o}$$

Com os valores de ET_m, medidos nos lisímetros e utilizando para a determinação de ET_o os métodos descritos nos itens 3.5.3.1 a 3.5.3.5, estimamos o valor de K_c referido a cada um dos métodos que deu origem à evapotranspiração de referência.

3.5.3. Determinação da evapotranspiração de referência E_{To}

Para estimativa da evapotranspiração de referência utilizamos os seguintes métodos.

3.5.3.1. Método do tanque classe "A" (E_{ToA})

A evapotranspiração de referência foi calculada pelo método do tanque classe A de acordo com o trabalho de DOOREMBOS & PRUITT (1977), onde à mesma é obtida multiplicando-se o valor da altura de evaporação no tanque classe "A" (ECA) por um fator de proporcionalidade, denominado de coeficiente de tanque (K_p), que depende do valor da velocidade média do vento (U em Km/dia e umidade relativa do ar (UR) em % observados no período, assim como das condições de exposição do tanque (Tabela 15 do Apêndice).

A evapotranspiração de referência (E_{To}) que representa o valor médio em mm/dia para o período considerado é obtida pela expressão seguinte:

$$E_{ToA} = K_p \cdot ECA$$

3.5.3.2. Método de Thornthwaite

THORNTHWAITTE (1948) correlacionou a temperatura média mensal do ar com a evapotranspiração, determinada através de estudos de balanço de água. A equação resultante foi:

$$ET_o = 16 \left[\frac{10 \cdot t}{I} \right]^a \cdot \frac{n}{12} \cdot \frac{m}{30}$$

onde:

ET_o = evapotranspiração de referência, mm/dia;

t = temperatura média do ar, °C;

I = índice de calor, resultante da soma de 12 índices mensais (i) calculado pela expressão:

$$I = \sum_{i=1}^{12} i$$

onde:

$$i = (0,2 \cdot t_i)^{1,514}$$

sendo:

t_i = temperatura média do mês em consideração, °C ;

n = média diária de insolação no período de determinação considerado, h;

m = período de determinação considerado, dias;

a = função de I calculado por:

$$a = 6,75 \cdot 10^{-7} \cdot I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} \cdot I^2 + 1,792 \cdot 10^{-2} \cdot I + 0,49239$$

Neste trabalho o cálculo de evapotranspiração de referência pelo método de THORNTHWAITE foi realizado com auxílio das simplificações de cálculo propostas por CAMARGO (1966), o qual resolvendo as equações resumiu-as em duas Tabelas, o primeiro para cálculo do fator b função do mês e latitude do local (Tabela 15 do Apêndice) e o segundo para estimar o valor da evapotranspiração potencial diário não

ajustada (ET_o^*), função da temperatura média diária mensal (T_m) e da temperatura média anual (T_{ma}) (Tabela 22 do Apêndice).

A evapotranspiração potencial ajustada é obtida por:

$$ET_o = b \cdot ET_o^*$$

3.5.3.3. Método da radiação solar (ET_oRs)

É um método recomendado como padrão pela FAO (DOOREMBOS & PRUITT, 1977), é essencialmente uma adaptação da equação de Makkink (1957). Pode ser considerado como uma boa aproximação do método de Penman, em termos mais simplificados (VILLA NOVA e REICHARDT, 1989).

Indicado para áreas com disponibilidade de dados de temperatura do ar, insolação e radiação solar, e inexistência de medições de vento e umidade relativa. As equações básicas são os seguintes.

$$ET_oRs = C \cdot W \cdot R_s$$

$$R_s = \frac{Q_o}{59} \left[0,24 + 0,58 \frac{n}{N} \right]$$

3.5.3.4. Método de Penman (ET_oPn)

Para o cálculo da evapotranspiração potencial pelo método de PENMAN (1948), o qual é sugerido para áreas onde se dispõe de dados de temperatura média diária (T) em

°C, umidade relativa média (UR) em %, velocidade média diária do vento (U) em km/dia a 2 m de altura, duração média real de insolação (n) em h/dia. Usamos a equação proposta pelo autor, que é a seguinte:

$$EToPn = \frac{\Delta RL + \gamma Ea}{\Delta + \gamma}$$

onde:

$$RL = Q_0 \left[a + b \frac{n}{N} \right] (1 - r) - \delta T_a^4 (0,56 - 0,09 \sqrt{e}) \left[0,1 + 0,9 \frac{n}{N} \right]$$

e a função Ea devida a maior rugosidade aerodinâmica da superfície vegetada, tem a forma:

$$Ea = 0,35 \left[1 + \frac{U}{160} \right] (e_s - e)$$

onde:

$$e = \frac{UR}{100} e_s(t)$$

3.5.3.5. Método de Penman modificado EToPn* (VILLA NOVA & OMETTO, 1976)

Esta versão é indicada para área onde se dispõe de dados de temperatura média diária (T) em °C, duração média real de insolação (n) em h/dia e evaporação medida em evaporímetro de Piche.

A evapotranspiração de referência (ETo), que representa o valor médio em mm/dia para o período considerado é obtido por:

$$ETo = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} H + 0,28 EPi$$

Nesta simplificação os pesquisadores obtiveram duas equações para estimativa do balanço de energia sobre superfícies vegetadas que são as seguintes:

$$H_{pv} = Q_0 \left[0,19 + 0,23 \frac{n}{N} \right] \quad (\text{primavera} - \text{verão})$$

$$H_{oi} = Q_0 \left[0,17 + 0,11 \frac{n}{N} \right] \quad (\text{outono} - \text{inverno})$$

O presente trabalho foi conduzido no período de setembro a janeiro, a fórmula utilizada corresponde a do período primavera - verão.

Os autores apresentam nomograma para cálculo expedito do método, o qual apresentou boa precisão com os dados das pêntadas por nos testados.

3.5.4. Parâmetros de rendimento da cultura

A cultura foi acompanhada diariamente através de observações fenológicas, propostas por HANWAY (1963), que permitem a identificação dos estádios de desenvolvimento do milho durante o ciclo (Tabela 4 e Figura 5).

Para as condições em que foi desenvolvido o experimento, a cultura ocupou, no período total de crescimento, em termos de porcentagem 15 para germinar, emergir e estabelecer (v_0 e v_3), 40 no período de crescimento vegetativo (v_4 - v_9), 37 para reprodução (R_0 - R_4), 8 na maturação até a colheita (MD).

Tabela 4 - Datas de emergência, início e fim dos estágios vegetativos e reprodutivos e maturação fisiológica, para a cultura do milho (*Zea mays* L.). Piracicaba - SP, 1989-1990.

CICLO (dias)	ESTÁDIO DE DESENVOLV. DA CULTURA		CARACTERÍSTICAS SEGUNDO HANWAY (1963)
22/09	V0	Semeadura.	
27/09	V1	Emergência de plantas.	
04/10	V2	Duas folhas completamente formadas, uma semana após plantas emergirem.	
11/10	V3	Quatro folhas completamente formadas, duas semanas após plantas emergirem.	
18/10	V4	Seis folhas completamente formadas, três semanas após plantas emergirem.	
25/10	V5	Oito folhas completamente formadas, quatro semanas após plantas emergirem.	
01/11	V6	Dez folhas completamente formadas, cinco semanas após plantas emergirem.	
08/11	V7	Doze folhas completamente formadas, seis semanas após plantas emergirem.	
17/11	V8	Quatorze folhas completamente formadas, sete semanas após plantas emergirem.	
22/11	V9	Dezesseis folhas completamente formadas, oito semanas após plantas emergirem.	
02/12	R0	Presença dos estigmas, pólen abrigado, 60 dias após emergência, início do estágio reprodutivo	
14/12	R1	Estágio final da formação dos estigmas, doze dias após início do estágio reprodutivo.	
26/12	R2	Estágio de formação de grão apresenta aspectos pastoso, 24 dias após início do estágio reprodutivo.	
07/01	R3	Começo do enchimento de grãos propriamente dito, um pequeno número de grãos apresenta dentes, 36 dias após início de estágio reprodutivo.	
19/01	R4	Todos os grãos completamente dentados, 48 dias após início do estágio reprodutivo.	
30/01	M	Maturação fisiológica, 60 dias após início do estágio reprodutivo.	

Adaptado de HANWAY(1963).

Figura 5 - Período de desenvolvimento do milho (*Zea mays* L.) adaptado de DOOREMBOS & KASSAN (1979).

3.5.4.1. Índice de área foliar

As coletas de plantas para a determinação do índice de área foliar foram realizadas em intervalos de quinze dias, durante o ciclo da cultura. A primeira coleta foi feita quando as plantas possuíam quatro folhas completamente formadas e aos trinta dias após as plantas emergirem quando ainda foi possível, as plantas foram arrancadas, posteriormente eram cortadas ao nível do solo, em número de três, com três repetições. Em laboratório, tomávamos cinquenta discos de tecido foliar de área conhecida, obtidos através de um perfurador de folhas. A seguir separamos folhas, colmos e disco de tecidos foliar que eram ensacados e levados para secagem em estufa de ventilação forçada, a uma temperatura de 70°C, onde permaneciam até atingirem peso constante.

O índice de área foliar foi determinado, relacionando o peso da matéria seca da área conhecida dos discos de tecido foliar com o peso da matéria seca restante, de acordo com o método proposto por BLACKMAN & WILSON (1951).

3.5.4.2. Produção por área

Para avaliar a produção, por área, de sabugo, espigas sem palha, de grãos e também do número médio de espigas por planta, foram amostradas duas linhas de cinco metros lineares, perfazendo uma área de dez metros quadrados com três repetições.

4. RESULTADOS

4.1. Evapotranspiração Máxima

As demandas ideais (ET_m) medidas pelos conjuntos evapotranspirométricos diariamente, são apresentadas na Tabela 5 para o ciclo da cultura do milho (*zea mays* L.), sob as condições de Piracicaba, São Paulo.

Nas Tabelas 1 a 8 do Apêndice são mostradas as leituras lisimétricas, e cálculo de evapotranspiração máxima medida.

4.2. Estimativa da Evapotranspiração de referência e coeficiente de cultura

Nas Tabelas 6 a 10 se observam os dados necessários para o cálculo da evapotranspiração de referência pelos métodos do tanque classe "A", Thornthwaite, radiação solar, Penman & Penman modificado, respectivamente.

As Tabelas 11 e 12 agrupam os valores de evapotranspiração de referência e coeficiente de cultura respectivamente, para efeito de comparação.

Tabela 5 - Valores médios por pântadas de evapotranspiração máxima medida.

PÊNTADA	ETm1	ETm2	ETm3	ETm
	mm/dia			
1 (23-27/09)	-	-	-	-
2 (28/09-02/10)	2,13	2,20	2,17	2,17
3 (03-07/10)	2,17	2,20	2,20	2,19
4 (08-12/10)	1,96	1,99	1,99	1,98
5 (13-17/10)	2,55	2,62	2,59	2,59
6 (18-22/10)	3,32	3,36	3,39	3,36
7 (23-27/10)	3,57	3,57	3,60	3,58
8 (28/10-01/11)	4,23	4,23	4,23	4,23
9 (02-06/11)	3,88	3,88	3,85	3,87
10 (07-11/11)	4,06	4,06	4,09	4,07
11 (12-16/11)	4,65	4,65	4,65	4,65
12 (17-21/11)	3,92	3,88	3,88	3,89
13 (22-26/11)	5,24	5,21	5,21	5,22
14 (27/11-01/12)	5,91	5,87	5,94	5,91
15 (02-06/12)	6,75	6,71	6,75	6,74
16 (07-11/12)	5,28	5,31	5,31	5,30
17 (12-16/12)	6,78	6,82	6,78	6,80
18 (17-21/12)	4,90	4,90	4,86	4,88
19 (22-26/12)	6,26	6,26	6,22	6,25
20 (27-31/12)	2,76	2,73	2,73	2,74
21 (01-05/01/90)	3,88	3,88	3,92	3,89
22 (06-10/01)	3,81	3,81	3,85	3,82
23 (11-15/01)	4,76	4,72	4,76	4,74
24 (16-20/01)	4,58	4,62	4,58	4,59
25 (21-25/01)	4,34	4,34	4,39	4,34
26 (26-30/01)	3,92	3,92	3,95	3,93

Tabela 6 - Valores de evapotranspiração de referência estimados segundo o método do tanque classe "A" (ET_{0A}).

PÊNTADA	U (Km/dia)	UR %	Kp	ECA mm/dia	ET _{0A} mm/dia
1	294,24	63,20	0,75	4,558	3,4185
2	276,00	57,60	0,75	6,366	4,7745
3	231,36	59,00	0,75	5,824	4,3680
4	265,44	62,80	0,75	4,904	3,6780
5	282,24	58,40	0,75	5,996	4,4970
6	317,28	54,60	0,75	7,150	5,3625
7	272,64	57,40	0,75	7,208	5,4060
8	339,84	53,80	0,75	8,226	6,1695
9	244,80	61,80	0,75	5,636	4,2270
10	226,08	64,20	0,75	9,236	6,9270
11	259,68	58,40	0,75	6,332	4,7490
12	215,04	69,80	0,75	4,426	3,3195
13	226,56	61,00	0,75	6,780	5,0850
14	312,48	62,00	0,75	7,764	5,8230
15	255,84	54,60	0,75	7,908	5,9310
16	205,92	62,20	0,75	4,992	3,7440
17	338,88	62,00	0,75	8,080	6,0600
18	328,32	52,00	0,65	4,476	2,9094
19	224,64	71,00	0,65	7,420	4,8230
20	265,44	84,40	0,80	1,696	1,3568
21	199,68	77,20	0,80	1,592	1,2736
22	160,80	75,40	0,80	2,952	2,3616
23	197,28	67,60	0,75	6,318	4,7385
24	199,68	64,00	0,75	6,640	4,9800
25	179,52	65,00	0,75	8,016	6,0120
26	191,52	61,20	0,75	7,588	5,6910

Tabela 7 - Valores de evapotranspiração de referência estimados segundo o método de Thornthwaite (EToTh).

PÊNTADA	TC (°C)	EToTh* (mm/dia)	b	EToTh (mm/dia)
1	20,26	2,2	1,0	2,2
2	20,66	2,4	1,0	2,4
3	20,80	2,4	1,0548	2,5315
4	21,14	2,6	1,0548	2,7425
5	17,92	1,8	1,0548	1,8986
6	20,30	2,2	1,0548	2,3206
7	22,48	2,9	1,0548	3,0589
8	21,54	2,7	1,0548	2,8980
9	20,18	2,2	1,1	2,42
10	23,40	3,6	1,1	3,96
11	21,30	2,6	1,1	2,86
12	23,61	3,7	1,1	4,07
13	24,63	3,9	1,1	4,29
14	23,94	3,8	1,1	5,91
15	24,12	3,8	1,1226	4,2659
16	24,71	4,0	1,1226	4,4904
17	25,12	4,0	1,1226	4,4904
18	22,14	2,9	1,1226	3,2555
19	23,83	3,8	1,1226	4,2659
20	21,94	2,9	1,1226	3,2555
21	23,52	3,7	1,1129	4,1177
22	24,68	3,9	1,1129	4,3403
23	25,85	4,4	1,1129	4,8968
24	26,53	4,4	1,1129	4,8968
25	26,32	4,4	1,1129	4,8968
26	26,40	4,4	1,1129	4,8968

Tabela 8 - Valores de evapotranspiração de referência estimadas segundo o método da radiação solar (EToRs).

PÊNTADA	T (°C)	W	Rs (mm/dia)	WRs (mm/dia)	UR %	U (Km/dia)	EToRs (mm/dia)
1	20,06	0,702	5,95	4,18	63,20	294,24	3,87
2	20,66	0,708	9,21	6,52	57,60	276,00	6,04
3	20,80	0,710	9,81	6,97	59,00	231,36	6,46
4	21,14	0,713	7,01	5,00	62,80	265,44	4,64
5	17,92	0,672	9,73	6,54	58,40	282,24	6,06
6	20,30	0,705	11,10	7,83	54,60	317,28	7,94
7	22,48	0,726	8,90	6,46	57,40	272,64	5,99
8	21,54	0,717	11,36	8,15	53,80	339,84	8,26
9	20,18	0,703	9,50	6,68	61,80	244,80	6,19
10	23,40	0,736	8,09	5,95	64,20	226,08	5,52
11	21,30	0,715	10,68	7,64	58,40	259,68	7,08
12	23,61	0,738	7,07	5,22	69,80	215,04	4,84
13	24,63	0,748	9,45	7,07	61,00	226,56	6,55
14	23,94	0,741	10,15	7,52	62,00	312,48	6,97
15	24,12	0,743	11,94	8,87	54,60	255,84	8,22
16	24,71	0,749	8,54	6,35	62,20	205,92	5,89
17	25,12	0,753	9,86	7,42	62,00	338,88	6,88
18	22,14	0,723	7,93	5,73	52,00	328,32	5,81
19	23,83	0,740	10,38	7,68	71,00	224,64	7,12
20	21,94	0,721	4,73	3,41	84,40	265,44	3,02
21	23,52	0,737	6,33	4,66	77,20	199,68	4,13
22	24,68	0,748	6,30	4,71	75,40	160,80	4,17
23	25,85	0,770	9,67	7,45	67,60	197,28	6,91
24	26,53	0,767	10,30	7,90	64,00	199,68	7,32
25	26,32	0,765	9,93	7,60	65,00	179,52	7,05
26	26,40	0,766	10,94	8,38	61,20	191,52	7,77

Tabela 9 - Valores de evapotranspiração de referência estimados segundo o método de Penman (ET_{oPn}).

PÊNTADA	e (mm/hg)	@ Ta ⁴ mm. e. eq.	RL mm/dia	Ea mm/dia	ET _{oPn} mm/dia
1	11,50	14,92	2,88	3,27	3,00
2	10,50	15,00	3,74	3,69	3,73
3	10,87	15,03	4,47	3,62	4,20
4	11,79	15,10	3,58	3,40	3,52
5	8,98	14,45	4,27	3,06	3,87
6	9,75	14,93	4,74	3,81	4,25
7	11,12	15,38	4,13	4,37	4,20
8	10,35	15,18	4,88	4,15	4,67
9	10,84	14,90	4,66	3,25	4,19
10	13,77	15,57	4,33	3,77	4,17
11	11,03	15,13	5,09	3,75	4,67
12	15,25	15,61	4,01	3,32	3,82
13	14,15	15,83	4,81	4,38	4,70
14	13,79	15,68	5,18	4,10	4,88
15	12,16	15,72	5,74	4,85	5,44
16	14,52	15,84	4,63	4,29	4,54
17	15,02	16,00	6,76	4,49	6,10
18	10,37	15,30	2,90	6,68	4,01
19	15,70	15,66	4,19	6,52	4,84
20	16,64	15,26	3,06	1,64	2,64
21	16,79	15,59	4,04	2,57	3,63
22	17,60	15,84	3,83	2,96	3,60
23	16,94	16,09	5,35	4,04	5,03
24	16,61	16,24	5,60	4,58	5,36
25	16,64	16,19	5,43	4,41	5,18
26	15,80	16,21	5,79	4,84	5,55

Tabela 10 - Valores de evapotranspiração de referência estimados segundo o método de Penman modificado (EToPn*).

PÊNTADA	$\frac{\Delta}{\Delta + \gamma}$	Qo mm	$\left[\frac{n}{N} \right]$	EPi (cm ³ /dia)	EToPn* mm/dia
1	0,67	13,41	0,35	5,76	4,03
2	0,69	13,41	0,77	5,88	5,03
3	0,69	15,20	0,70	6,22	5,41
4	0,69	15,20	0,38	5,50	4,44
5	0,67	15,20	0,69	6,20	5,27
6	0,67	15,20	0,84	8,92	6,39
7	0,71	15,20	0,60	7,38	5,74
8	0,71	15,20	0,87	6,84	6,11
9	0,67	16,41	0,58	6,20	5,29
10	0,72	16,41	0,44	6,30	5,20
11	0,69	16,41	0,71	5,82	5,61
12	0,72	16,41	0,33	5,18	4,60
13	0,74	16,41	0,61	3,96	5,10
14	0,72	16,41	0,65	6,02	5,72
15	0,72	16,80	0,81	8,76	7,02
16	0,74	16,80	0,46	6,74	5,56
17	0,74	16,80	0,60	4,92	5,43
18	0,71	16,80	0,40	6,32	5,11
19	0,72	16,80	0,65	6,34	5,90
20	0,71	16,80	0,01	1,44	2,69
21	0,72	16,80	0,24	2,38	3,63
22	0,74	16,80	0,23	2,02	3,58
23	0,75	16,80	0,58	3,52	5,06
24	0,76	16,80	0,64	4,98	5,72
25	0,75	16,80	0,61	4,68	5,46
26	0,75	16,80	0,71	5,26	5,92

Tabela 11 - Valores de evapotranspiração de referência estimados pelos diferentes métodos.

PÊNTADA	ET _{oA}	ET _{oTh} mm/dia	ET _{oRs}	ET _{oPn}	ET _{oPn} *
1	3,42	2,20	3,87	3,00	4,03
2	4,77	2,40	6,04	3,73	5,03
3	4,37	2,53	6,46	4,20	5,41
4	3,68	2,74	4,64	3,52	4,44
5	4,50	1,90	6,06	3,87	5,27
6	5,36	2,32	7,94	4,25	6,39
7	5,41	3,06	5,99	4,20	5,75
8	6,17	2,90	8,26	4,67	6,11
9	4,23	2,42	6,19	4,19	5,28
10	6,93	3,96	5,52	4,17	5,20
11	4,75	2,86	7,08	4,67	5,61
12	3,32	4,07	4,84	3,82	4,60
13	5,09	4,29	6,55	4,70	5,10
14	5,82	4,18	6,97	4,88	5,72
15	5,93	4,27	8,22	5,44	7,02
16	3,74	4,49	5,89	4,54	5,56
17	6,06	4,49	6,88	6,10	5,43
18	2,91	3,25	5,81	4,01	5,11
19	4,82	4,27	7,12	4,84	5,90
20	1,36	3,26	3,02	2,64	2,69
21	1,27	4,12	4,13	3,63	3,63
22	2,36	4,34	4,17	3,60	3,58
23	4,74	4,90	6,91	5,03	5,06
24	4,98	4,90	7,32	5,36	5,72
25	6,01	4,90	7,05	5,18	5,46
26	5,69	4,90	7,77	5,55	5,92

Quadro 12 - Valores dos coeficientes de cultura determinado pelos diferentes métodos.

PÊNTADA	KcCA	KcTh	KcRs	KcPn	KcPn*
1 (23-27/09)	-	-	-	-	-
2 (28/09-02/10)	0,45	0,90	0,36	0,58	0,43
3 (03-07/10)	0,50	0,87	0,34	0,52	0,40
4 (08-12/10)	0,54	0,72	0,43	0,56	0,45
5 (13-17/10)	0,58	1,36	0,43	0,67	0,49
6 (18-22/10)	0,63	1,45	0,42	0,79	0,53
7 (23-27/10)	0,66	1,17	0,60	0,85	0,62/
8 (28/10-01/11)	0,69	1,46	0,51	0,91	0,69
9 (02-06/11)	0,92	1,60	0,63	0,92	0,73
10 (07-11/11)	0,59	1,03	0,74	0,98	0,78
11 (12-16/11)	0,98	1,63	0,66	1,00	0,83
12 (17-21/11)	1,17	0,96	0,80	1,02	0,85
13 (22-26/11)	1,03	1,22	0,80	1,11	1,02/
14 (27/11-01/12)	1,01	1,41	0,85	1,21	1,03
15 (02-06/12)	1,14	1,58	0,82	1,24	0,96
16 (07-11/12)	1,42	1,18	0,90	1,17	0,95
17 (12-16/12)	1,12	1,51	1,00	1,11	1,25
18 (17-21/12)	1,68	1,50	0,84	1,22	0,96
19 (22-26/12)	1,30	1,46	0,88	1,29	1,06
20 (27-31/12)	2,01	0,84	0,91	1,04	1,02/
21 (01-05/01/90)	3,06	0,94	0,94	1,07	1,07
22 (06-10/01)	1,62	0,88	0,92	1,06	1,07
23 (11-15/01)	1,00	0,97	0,69	0,94	0,94
24 (16-20/01)	0,92	0,94	0,63	0,86	0,80
25 (21-25/01)	0,72	0,89	0,62	0,84	0,79
26 (26-30/01)	0,69	0,80	0,51	0,71	0,66

4.3. Parâmetros de Rendimento da Cultura

O índice de área foliar, altura das plantas e número de folhas por plantas, são demonstrados na Tabela 13.

Tabela 13 - Índice de área foliar, altura de plantas e número de folhas por plantas.

COLETA (DIAS APÓS EMERGÊNCIA)	IAF ⁽¹⁾	ALTURA DAS PLANTAS cm	NÚMEROS DE FOLHAS/PLANTAS
15	0,1378	15,2	4,2
30	1,2546	70,0	12,4
45	2,9228	192,0	16,2
60	3,2395	245,0	16,8
75	4,2122	265,0	14,9
90	3,4405	270,0	12,1
105	2,7022	274,5	10,2
120	1,8408	276,8	9,6

⁽¹⁾ IAF = índice de área foliar, área foliar total, considerando-se apenas uma face da folha, por unidade de área de terreno (m^2/m^2).

A produção de espigas sem palha, de grãos e de sabugo foram 12.420,75; 7.944,20 e 4.476,55 kg/ha respectivamente. Com um valor médio de 1,86 espigas por planta.

5. DISCUSSÃO

O resultado do processo de medição da evapotranspiração máxima (ET_m), utilizando lisímetro de lençol constante, conforme metodologia, foi realizado num total de 126 dias, contados a partir do quarto dia após a semeadura. O ciclo da cultura do milho (*Zea mays* L.) foi subdividido em 26 períodos de cinco dias (pêntadas) de forma a possibilitar a utilização de métodos de estimativas da evapotranspiração de referência (ET_o) de acordo como que recomendam DOOREMBOS & PRUITT (1977) e VILLA NOVA (1988). O coeficiente de proporcionalidade entre a demanda ideal e a evapotranspiração de referência foi calculada para cada pêntada nos vários estádios de desenvolvimento da cultura.

5.1. Evapotranspiração Máxima (ET_m)

Na Tabela 5, apresentamos os resultados obtidos para os 26 períodos citados, determinados de acordo com a metodologia descrita em materiais e métodos.

Como se pode verificar na Figura 6 a evapotranspiração máxima da cultura está relacionada ao índice de área foliar, sendo que durante a estabilização da cultura, o

que ocorre até o 19^o dia é mais influenciada pela evaporação do solo nu, como era de se esperar, a partir desta, até o início do florescimento (70^o dia) a evapotranspiração máxima é crescente atingindo o pico de evapotranspiração e de área foliar que se mantém até aproximadamente o início da produção de grãos (95^o dia) quando declina até a colheita.

Figura 6 - Evapotranspiração máxima e índice de área foliar no ciclo da cultura.

A variabilidade dos dados de ETm, pode ser evidenciada pela grande dispersão observada nos dados climatológicos especialmente precipitação, apresentados na Tabela 5 e Figura 7.

Figura 7 - Precipitação em mm ao longo do ciclo.

A evapotranspiração máxima acumulada do ciclo foi de 533,76; 528,20 e 529,45 mm/ciclo nos três lisímetros com uma média de 530,47 mm/ciclo, ou lâmina média diária de 4,08 mm/dia. Considerando a produção média de grãos de

7.944,22 kg/ha, obtivemos uma eficiência de utilização de água de aproximadamente $1,50 \text{ kg/m}^3$ quando a FAO admite valores que variam de 0,8 a $1,6 \text{ kg/m}^3$.

5.2. Evapotranspiração de referência ETo

Para estimativa da evapotranspiração de referência, foram estudados 5 (cinco) métodos selecionados pela sua precisão: tanque classe "A", radiação, Penman e Penman modificado por Villa Nova & Ometto, e pela facilidade de aplicação: Thornthwaite (Tabela 11 e Figura 8).

A literatura é unânime ao afirmar (SCARDUA, 1970; DOOREMBOS & PRUITT, 1977; ENCARNAÇÃO, 1980; CURY, 1985; SAAD & SCALOPI, 1988; COSTA, 1989 e VILLA NOVA & REICHARDT, 1989) que o método do tanque classe "A" é o mais preciso dos métodos indiretos. No entanto, quando ocorriam precipitações, o tanque classe "A" apresentou dificuldades de operação, levando a resultados incorretos devido a respingos e transbordamento.

Apesar do método de Thornthwaite, algumas vezes, ser o único método de aplicação viável, concluiu-se que o mesmo não apresentou precisão quando aplicado para períodos curtos como pântadas, o que está em consonância com a literatura, obtendo-se variações de até 224% em relação ao método do tanque classe "A" (Tabela 11 e Figura 8).

O método da radiação como pode ser visto na Tabela 11 e Figura 8, apresentou a mesma tendência de variação quando comparado com o método do tanque classe "A",

entretanto com valores superestimados em relação à média dos outros métodos.

Figura 8 - Valores de ETo por pântada para os vários métodos.

O método de Penman em relação aos outros métodos foi o que apresentou resultados mais próximos do tanque classe "A" como prescrevem vários autores.

Penman modificado por Villa Nova & Ometto apresentou resultados concordantes com os métodos do tanque classe "A" e Penman, tendo a vantagem de ter sido desenvolvido com dados da região de Piracicaba.

5.2. Coeficiente de Cultura (K_c)

Obteve-se os valores de coeficiente de cultura, para todos os estágios de desenvolvimento do milho. Na Tabela 12 e Figuras 9 a 13, onde é mostrado K_c referente a cada método estudado, procurou-se ajustar graficamente, segmentos de reta que representam a tendência do K_c para os estádios de desenvolvimento da cultura, pode-se verificar claramente que o coeficiente de cultura relativo ao método de Penman (Figura 9) foi o que mais se aproximou daqueles obtidos pelo tanque classe "A". Com valor inicial de 0,54 até duas semanas após plantas emergirem, tendo um comportamento ascendente durante todo o ciclo vegetativo (V4-V9), atingindo o pico com K_c de 1,21 que se manteve por todo o período de floração (R0-R1) o que corrobora o trabalho de DOOREMBOS & KASSAN (1979), que explicam a importância da água nesta fase pela eventual queda do número de grãos, devido ao dessecação do estigma na presença de déficit hídrico. Na fase subsequente (enchimento de grãos), em torno do nonagésimo quinto ao centésimo décimo dias, ocorreu uma

pequena redução do K_c para valor de 1,10, concordando novamente com trabalho supracitado, que elucida tal consumo de água para promover o peso ideal de grãos, decrescendo desta fase até a colheita, com K_c igual a 0,7 na última pênada.

O método de Penman modificado (Figura 10) apresentou-se também bastante representativo, entretanto como os valores de ET_o foram ligeiramente superior ao de Penman, o K_c mostrou-se inferior ao anterior, embora isto não invalide a aplicação destes coeficientes, desde que se utilize o mesmo método para determinação da ET_o .

Observou-se que o tanque classe "A", nos dias chuvosos, apresentou leituras fora da tendência esperada o que causou influências marcantes no ET_o e consequentemente no K_cA . Como pode ser observado comparando-se as Figuras 7 e 11.

Verifica-se que o método de radiação (Figura 12) também apresentou boa uniformidade dos dados de coeficiente de cultura, ressaltando-se que o ET_o foi superestimado quando comparado com aqueles observados pelo método do tanque classe "A", provocando uma redução nos valores de K_cRs , cujo pico foi de 0,88, nas fases de floração e enchimento de grãos.

A dispersão dos valores de K_cTh (Figura 13) mostra que o método não apresenta respostas confiáveis para períodos curtos, como o aqui empregado, o que confirma as afirmações de DOOREMBOS & PRUITT (1977) e VILLA NOVA & REICHARDT (1989).

Figura 9 - Coeficiente de cultura (Kc) relativo ao método de Penman.

Figura 10 - Coeficiente de cultura (Kc) relativo ao método de Penman modificado.

Figura 11 - Coeficiente de cultura (Kc) relativo ao método do tanque classe

"A".

Figura 12 - Coeficiente de cultura (Kc) relativo ao método de Radiação.

Figura 13 - Coeficiente de cultura (Kc) relativo ao método de Thornthwaite.

A Figura 14 mostra a comparação dos coeficientes de cultura determinados com os sugeridos por DOOREMBOS & KASSAN (1979). Como podemos verificar, o método de Penman, Penman modificado, tanque classe "A" e radiação apresentam no período de maior valor, uma variação de +10, -10, +20 e -30 por cento respectivamente em relação ao valor médio sugerido por estes autores para a fase de florescimento.

	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
	ESTABELECIMENTO		CRESCIMENTO VEGETATIVO				EMBORRACHAMENTO	FLORESCIMENTO		PRODUÇÃO DE GRÃO			MATURAÇÃO	
PENMAN	0.54	0.54	0.54				1.21	1.21	1.21	1.21	1.06	1.06		.07
PENMAN	0.43	0.43	0.43				1.04	1.04		1.04	1.04			0.66
CLASSE A	0.50	0.50	0.50					1.38	1.38		1.38	1.38		0.54
RADIAÇÃO	0.38	0.38	0.38				0.88	0.88		0.88	0.88			0.48
FAO $\overline{Kc}$	0.3 - 0.5		0.7 - 0.85					1.05 - 1.20		0.8 - 0.9			0.5 - 0.6	

Figura 14 - Coeficiente de cultura determinados e sugerido pela DOOREMBOS e KASSAM (1979).

6. CONCLUSÕES

Para as condições em que foi conduzido este experimento, pode-se concluir que:

- a) O coeficiente de cultura K_c , está intimamente relacionado ao método utilizado para determinação da evapotranspiração de referência, devendo ser utilizada somente acompanhado do método de determinação de ETo que lhe deu origem.
- b) O lisímetro de lençol constante, constituiu-se num instrumento capaz de fornecer informações básicas para um manejo correto de água para a cultura, com boa precisão para períodos diários, sendo de fácil construção e operação.
- c) A evapotranspiração máxima da cultura do milho, durante o ciclo foi de 530,47 mm, ou lâmina média de 4,08 mm/dia.
- d) Como os vários métodos de determinação da ETo apresentaram variações superiores a 100%, sugere-se a reali-

zação de um experimento para a determinação da evapotranspiração de referência que melhor se aplique a região.

e) Para utilização do K_c , no início do ciclo da cultura, deve-se levar em conta que este foi determinado sem restrições de água, a qual é muito comum quando o sistema radicular é pouco desenvolvido e a evapotranspiração, é muito influenciada pela condutividade do solo, quando se deve reduzir o turno de rega ou manejar a irrigação com pequenas lâminas e alta frequência.

f) Existe uma estreita relação entre evapotranspiração e IAF.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABOUKHALED, A.; ALFARD, A.; SMITH, M. *Lisimeters*. Roma, FAO, 1982. 68p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 39).

ALLEN, R.G.; JENSEN, M.E.; WRIGHT, J.L.; BURMAN, R.D. Operational estimates of reference evapotranspiration. *Agronomy Journal*, Madison, 81: 650-62, 1989.

ASSIS, F.N. O uso do evapotranspirômetro no estudo de algumas relações entre evapotranspiração medida e estimada. Piracicaba, 1978. 69p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

ASSIS, F.N. de & VILLA NOVA, N.A. Adaptação do evapotranspirômetro De Thornthwaite para registro da evapotranspiração. *Agros*, Pelotas, 15(1):1-7, 1980.

BARBIERI, V. Medidas e estimativas de consumo hídrico em cana-de-açúcar. Piracicaba, 1981. 82p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

BERNARDO, S. Manual de irrigação. Viçosa, Imprensa Universitária, 1982. 463p.

BURMAN, R.D.; NIXON, P.R.; WRIGHT, J.L.; PRUITT, W.O. Water requirements. In: JENSEN, M.E. ed. *Design and operation of farm irrigation systems*. St. Joseph, ASAE, 1983. p.11.

- BLACKMAN, G.E. & WILSON, G.L. Physiological and ecological studies in the analysis of plant environment. *Annals of Botany*, London, 15: 63-84, 1951.
- BLANEY, H.F. & CRIDDLE, W.D. Determining water requeriments in irrigated areas from climatological and irrigation data. Washington, USDA/Soil Conservation Service, 1952, 96p.
- CAMARGO, A.P. Contribuição para a determinação da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. Campinas, IAC, 1966. 54p. (IAC. Boletim, 16).
- CAMARGO, A.P. de ; PINTO, H.S.; BRUNINI, O.; PEDRO JUNIOR, M.J.; ORTOLANI, A.A.; ALFONSI, R.R.; Clima do estado de São Paulo. In: São Paulo. Secretaria da Agricultura. Zoneamento agrícola do Estado de São Paulo. São Paulo, 1974. v.1, cap. 2, p. 51-87.
- COSTA, M.C. Determinação do consumo de água na cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.) através de lisímetro. Piracicaba, 1989. 74p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- CURY, J.H. Avaliação da demanda hídrica da cultura do repolho (*Brassica oleracea*, var. *capitata* L.) e suas interações climáticas. Piracicaba, ESALQ, 1985. 79p.
- DENMEAD, O.T. & SHAW, R.H. Evapotranspiration in relation to the development of the corn crop. *Agronomy Journal*, Madison, 51: 725-6, 1959.
- DENMEAD, O.T. & SHAW, R.H. Availability of soil water to plants as affected by soil-moisture content and meteorological conditions. *Agronomy Journal*, 54(5): 385-390, 1962.

- DOOREMBOS, J. & PRUITT, W.O. Guidelines for predicting crop water requirements. Roma, FAO, 1977. 144p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 24).
- DOOREMBOS, J. & KASSAM, A.H. Yield response to water. Roma, FAO, 1979. 193p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 33).
- DOSS, B.D.; BENNETT, O.L.; ASHLEY, D.A. Evapotranspiration by irrigated corn. Soil Science, Baltimore, 54(6): 497-8. 1962.
- DOPPLER, W. Plant research and development. In: Irrigation as a basis for development. Institute for Scientific Co-operation, Tubingen, p.26-36. 1983.
- DOWNEY, L.A. Water use by maize at three plant densities. Experimental Agriculture, Cambridge, 7: 161-9, 1971.
- ENCARNAÇÃO, C.R.F. Estudo da demanda de água do feijoeiro. Piracicaba, 1980. 62p. estrada - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- ESPINOZA, W. Efeito da densidade de plantio sobre a evapotranspiração do milho irrigado na época da seca, em cerrado do Distrito Federal. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 14: 343-50, 1979.
- GANGOPADHYAYA, M. Measurements and estimation of evaporation and evapotranspiration. Genova, WMO, 1966. 121p. (Technical Note, 83).
- HANWAY, J.J. Growth stages of corn (*Zea mays* L.). Agronomy Journal, Madison, 55: 487-92, 1963.

- HARGREAVES, G.H. Water requeriments manual for irrigated crops and rainfed agriculture. Logan, Utah State University. 41p. 1977.
- HARGREAVES, G.H. & SAMANI, Z.A. Evapotranspiracion del cultivo de referência a partir de la temperature del aire (Frabajo presentado en la REUNIÓN DE INVIERNO ASAE, Chicago, 2.,1985).
- JENSEN, E.M. & HAISE, H.R. Estimating evapotranspiration form solar radiation. Jornal de Irrigation and Drainose Revision, New York. 89: 15-41, 1963.
- LINACRE, E.T. A simple formula for estimating evaporation in various climates, using temperature alone. Agricultural Meteorology, Amsterdan, 18: 409-24, 1977.
- MAKKINK, G.F. Testing the Penman formula by means of lysi-meters. J. Inst. Water Eng., 11(3): 277-88, 1957.
- McILROY, I.C. & ANGUS, D.E. "The aspendale multiple weighed lysimeter Instalation". Melbourne, CSIRO/Division of Meterological Physics, Austrália, 1963. 181p. (Technical Papers, 14).
- MONTHEITH, F.L. Radiation and crops. Experimental Agriculture, Cambridge, 1: 241-51, 1965.
- ORTOLANI, A.A.; CAMARGO, A.P. de; VILLA NOVA, N.A. Correlação entre evapotranspiração potencial calculada segundo os métodos de Penman e de Thornthwaite e de dados de evapotranspirômetros, na região de Ribeirão Preto. Bragantia, Campinas, 25: LXV-III, 1966.
- PENMAN, H.L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Proceedings of the Royal Society of London, London, Series A, 193: 120-45, 1948.

- PENMAN, H.L. Evaporation: an introduction survey. Netherlands. Journal of Agricultural Science, Cambridge, 4: 9-29, 1956.
- PIERCE, L.T. "Estimating seasonal and short-term fluctuations in evapotranspiration from Meadow crops". Bulletin of the American Meteorological Society, Boston 39:(2) 73-8, 1958.
- PRIESTLEY, C.H.B. & TAYLOR, R.J. On the assessment of sun face heat flux and evaporation using large-scale parameters. Monthly Weather Review, Boston, 100: 81-92, 1972.
- PRUITT, W.O. Empirical methods of estimating evaporation using pans. Proc. Conf. Evapotranspiration, American Soc. Agric. Eng., p.57-61. 1966.
- RANZANI, G.O.; FREIRE, O.; KINJO, T. Carta de solos do município de Piracicaba. Piracicaba, ESALQ, 1966. 85p.
- RITCHIE, J.T. Influence of soil water status and meteorological conditions on evaporation from a corn canopy. Agronomy Journal, Madison, 65: 894-7, 1973.
- SAAD, J.C.C. & SCALOPI, E.J. Análise dos principais métodos climatológicos para estimativa da evapotranspiration. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 8., Florianópolis, 1988. Anais. Florianópolis, ABID, 1988. v. 2. 999-1021.
- SEDIYAMA, G.C. Estudos de métodos para estimativa da evapotranspiração potencial em Viçosa. Viçosa, 1987. 43p. (Mestrado - Universidade Federal de Viçosa).
- SCARDUA, R. Evapotranspiração real da cultura do milho como base aos Projetos de irrigação. Piracicaba, 1970. 160p.

(Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

TANNER, C.B.; PETERSON, A.E.; LOVE, J.R. Radiant energy exchange in a corn field. *Agronomy Journal*, Madison, 52: 373-8, 1960.

TANNER, C.B. Evaporation of water from plants and soil. In: KOZLOWSKI, T.T., ed. *Water deficits and plant growth*. New York, Academic Press, 1968. v.1., p. 73-106.

THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review*, New York, 38: 55-94, 1948.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. *Soil taxonomy: a basic system of soil classification to making and interpreting soil surveys*. Washington, 1976. 754p. (USDA. Agriculture Handbook, 436).

VAN BAVEL, C.H.M. Lysimetric measurement of evapotranspiration rates in the eastern United States. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 23(2): 138-41, 1961.

VILLA NOVA, N.A. Estudos sobre o balanço de energia em cultura de arroz. Piracicaba, 1973. 89p. (Livre-Docência - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

VILLA NOVA, N.A. & OMETTO, J.C. Adaptação e simplificação do método de Penman às condições climáticas do Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS, 4., Fortaleza, 1981. Anais. Fortaleza. ABRH, 1981. V.3., p.281-99.

- VILLA NOVA, N.A. A estimativa da evaporação potencial no Estado de São Paulo. Piracicaba, 1967. 66p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- VILLA NOVA, N.A. & REICHARDT, K. Evaporação e Evapotranspiração. Piracicaba, ESALQ, 1989. 185p. (Mimeografado).
- VISSER, W.C. A method of determining evapotranspiration in soil monoliths. Wageningen ,Institute for Land and Water Maneg. Res., 1965. p.(Miscell Reprints, 25).
- YAO, A.Y.M. & SHAW, R.H. Effect of plant population and planting pattern of corn on water use and yield. Agronomy Journal, Madison, 56: 147-52, 1964.
- WATSON, D.J. The physiological basis of variation in yields. Advances in Agronomy, Orlando, 4: 101-45, 1952.
- WRIGHT, J.L. & JENSEN, M.E. Peak wates requerements in southern Idaho. Journal of the Irrigation and Drainage Division, New York, 98(IR2): 193-201, 1972.

APÊNDICE

Tabela 1 - Dados diários coletados.

mês: set/out/1989.

PENTADA	DIA	LISIMETRO 1				LISIMETRO 2				LISIMETRO 3				ETm P
		Leit	Vol	ETm1	ETm1	Leit	Vol	ETm2	ETm2	Leit	Vol	ETm3	ETm3	
1	23													
	24													
	25													
	26													
	27	25,00				28,25				27,00				
2	28	28,25	3,25	2,27		32,00	3,75	2,62		30,25	3,25	2,27		
	29	3,00	3,00	2,10		3,25	3,25	2,27		3,00	3,00	2,10		
	30	5,75	2,75	1,92	2,13	5,75	2,50	1,75	2,20	5,75	2,75	1,92	2,17	2,1673
	01	8,75	3,00	2,10		9,00	3,25	2,27		9,25	3,50	2,45		
	02	12,00	3,25	2,27		12,00	3,00	2,10		12,25	3,00	2,10		
3	03	15,25	3,25	2,27		15,25	3,25	2,27		15,75	3,50	2,45		
	04	18,00	2,75	1,92		18,00	2,75	1,92		18,25	2,50	1,75		
	05	21,00	3,00	2,10	2,17	21,00	3,00	2,10	2,20	21,25	3,00	2,10	2,20	2,1907
	06	24,25	3,25	2,27		24,50	3,50	2,45		24,50	3,25	2,27		
	07	27,50	3,25	2,27		27,75	3,25	2,27		28,00	3,50	2,45		
4	08	30,50	3,00	2,10		30,75	3,00	2,10		31,25	3,25	2,27		
	09	2,75	2,75	1,92		2,50	2,50	1,75		2,50	2,50	1,75		
	10	6,25	3,50	2,45	1,96	6,25	3,75	2,62	1,99	6,00	3,50	2,45	1,99	1,9814
	11	8,00	1,75	1,22		8,00	1,75	1,22		8,00	2,00	1,40		
	12	11,00	3,00	2,10		11,00	3,00	2,10		11,00	3,00	2,10		

Tabela 2 - Dados diários coletados.

mês: out/nov/1989.

PENTADA	DIA	LISIMETRO 1				LISIMETRO 2				LISIMETRO 3				ETm _P
		Leit	Vol	ETm1	ETm1	Leit	Vol	ETm2	ETm2	Leit	Vol	ETm3	ETm3	
5	13	14,75	3,75	2,62		15,00	4,00	2,80		15,25	4,00	2,80		
	14	19,25	4,50	3,15		19,50	4,50	3,15		19,50	4,25	2,97		
	15	22,00	2,25	1,57	2,55	22,00	2,50	1,75	2,62	22,00	2,50	1,75	2,59	2,5874
	16	25,50	3,50	2,45		25,50	3,50	2,95		25,25	3,25	2,27		
	17	29,75	4,25	2,97		29,75	4,25	2,97		29,75	4,50	3,15		
6	18	5,00	5,00	3,50		5,00	5,00	3,50		5,50	5,50	3,85		
	19	9,50	4,50	3,15		9,25	4,25	2,97		10,00	4,50	3,15		
	20	14,50	5,00	3,50	3,32	14,50	5,25	3,67	3,36	15,00	5,00	3,50	3,39	3,3586
	21	19,25	4,75	3,32		19,50	5,00	3,50		20,00	5,00	3,50		
	22	23,75	4,50	3,15		24,00	4,50	3,15		24,25	4,25	3,32		
7	23	28,50	4,75	3,32		29,00	5,00	3,50		29,00	4,75	3,32		
	24	5,25	5,25	3,67		5,50	5,50	3,85		5,25	5,25	3,67		
	25	-	5,50	3,85	3,57	-	5,25	3,67	3,57	-	5,50	3,85	3,60	3,5781
	26	16,00	5,25	3,67		15,75	5,00	3,50		16,25	5,50	3,85		
	27	20,75	4,75	3,32		20,50	4,75	3,32		21,00	4,75	3,32		
8	28	25,75	5,00	3,50		25,25	5,05	3,67		26,25	5,25	3,67		
	29	31,25	5,50	3,85		31,00	5,75	4,02		32,00	5,75	4,02		
	30	-	7,50	5,24	4,23	-	7,25	5,07	4,23	-	7,25	5,07	4,23	4,2308
	31	14,75	7,25	5,07		14,50	7,25	5,07		14,24	7,00	4,90		
	01	19,75	5,00	3,50		19,25	4,75	3,32		19,25	5,00	3,50		

Tabela 4 - Dados diários coletados.

mês: nov/dez/1989.

PENTADA	DIA	LISIMETRO 1				LISIMETRO 2				LISIMETRO 3				$\overline{ETm}$ p
		Leit	Vol	ETm1	$\overline{ETm1}$	Leit	Vol	ETm2	$\overline{ETm2}$	Leit	Vol	ETm3	$\overline{ETm3}$	
13	22	22,00	7,25	5,07		12,75	7,50	5,24		22,50	7,25	5,07		
	23	28,00	8,00	4,20		29,00	8,25	4,37		28,50	8,00	4,20		
	24	8,25	8,25	4,37	5,24	8,00	8,00	4,20	5,21	8,50	8,50	4,53	5,21	5,2214
	25	14,75	8,50	5,94		14,25	8,25	5,77		15,00	8,50	5,94		
	26	22,25	7,50	5,24		21,50	7,25	5,07		22,00	7,00	4,90		
14	27	29,75	7,50	5,24		29,00	7,50	5,24		29,50	7,50	5,24		
	28	8,25	8,25	5,77		8,50	8,50	5,94		8,50	8,50	5,94		
	29	17,00	8,75	6,12	5,91	17,25	8,75	6,12	5,87	17,50	9,00	6,29	5,94	5,9091
	30	28,00	9,00	6,29		28,00	8,75	6,12		28,50	9,00	6,29		
	1	8,75	8,75	6,12		8,25	8,25	5,77		8,50	8,50	5,94		
15	2	17,75	9,00	6,29		17,00	8,75	6,12		17,75	9,25	6,47		
	3	26,50	8,75	6,12		25,50	8,50	5,94		26,50	8,75	6,12		
	4	10,25	10,25	7,17	6,75	10,50	10,50	7,34	6,71	10,50	10,50	7,34	6,75	6,7369
	5	20,50	10,25	7,17		20,75	10,25	7,17		20,50	10,00	6,99		
	6	30,50	10,00	6,99		30,75	10,00	6,99		30,25	9,75	6,82		
16	7	9,50	9,50	6,44		9,75	9,75	6,82		9,50	9,50	6,44		
	8	19,25	9,75	6,82		19,75	10,00	6,99		19,50	10,00	6,99		
	9	29,25	10,00	6,99	5,28	29,50	9,75	6,82	5,31	29,25	9,75	6,82	5,31	5,3030
	10	5,00	5,00	3,50		4,75	4,75	3,32		5,00	5,00	3,50		
	11	8,50	3,50	2,45		8,50	3,75	2,62		8,75	3,75	2,62		

Tabela 5 - Dados diários coletados.

mês: dez/1989.

PENTADA	DIA	LISIMEIRO 1				LISIMEIRO 2				LISIMEIRO 3				ETm _p
		Leit	Vol	ETm1	ETm1	Leit	Vol	ETm2	ETm2	Leit	Vol	ETm3	ETm3	
17	12	16,00	7,50	8,24		15,75	7,25	5,07		18,00	7,25	5,07		
	13	25,00	9,00	6,29		25,00	9,25	6,47		25,00	9,00	6,29		
	14	10,25	10,25	7,17	6,78	10,50	10,50	7,34	6,82	10,50	10,50	7,34	6,78	6,7999
	15	21,25	11,00	7,69		21,50	11,00	7,69		21,25	10,75	7,52		
	16	32,00	10,75	7,52		32,00	10,50	7,34		32,25	11,00	7,69		
18	17	11,00	11,00	7,69		10,75	10,75	7,52		11,00	11,00	7,69		
	18	18,25	7,25	5,07		18,25	7,50	5,24		19,00	7,00	4,90		
	19	22,25	4,00	2,80	4,90	22,50	4,25	2,97	4,90	22,00	4,00	2,80	4,86	4,8834
	20	5,25	5,25	3,67		5,50	5,50	3,85		5,75	5,75	4,02		
	21	12,75	7,50	5,24		12,50	7,00	4,90		12,75	7,00	4,90		
19	22	-	10,00	6,99		-	10,00	6,99		-	10,00	6,99		
	23	32,75	10,00	6,99		32,75	10,25	7,17		32,75	10,00	6,99		
	24	10,75	10,75	7,52	6,26	10,50	10,50	7,34	6,26	10,50	10,50	7,34	6,22	6,2471
	25	18,75	8,00	5,59		18,75	8,25	5,77		18,75	8,25	5,77		
	26	24,75	6,00	4,20		24,50	5,75	4,02		24,50	5,75	4,02		
20	27	-	3,25	2,25		-	3,00	2,10		-	3,25	2,27		
	28	31,25	3,25	2,27		30,50	3,00	2,10		31,00	3,25	2,27		
	29	4,00	4,00	2,80	2,76	4,50	4,50	3,15	2,73	3,75	3,75	2,82	2,73	2,7389
	30	7,25	3,25	2,27		7,75	3,25	2,27		6,75	3,00	2,10		
	31	13,25	6,00	4,20		13,50	5,75	4,02		13,00	6,25	4,37		

Tabela 6 - Dados diários coletados.

mês: jan/1990.

PENTADA	DIA	LISIMETRO 1				LISIMETRO 2				LISIMETRO 3				$\overline{ETm}$ P
		Leit	Vol	ETm1	$\overline{ETm1}$	Leit	Vol	ETm2	$\overline{ETm2}$	Leit	Vol	ETm3	$\overline{ETm3}$	
21	1	18,50	5,25	3,67		18,50	5,00	3,50		18,50	5,50	3,95		
	2	21,75	3,25	2,27		22,00	3,50	2,45		22,00	3,50	2,45		
	3	29,00	7,25	5,07	3,88	29,50	7,50	5,24	3,88	29,50	7,50	5,24	3,92	3,8928
	4	7,50	7,50	5,24		7,50	7,50	5,24		7,25	7,75	5,07		
	5	12,00	4,50	3,15		11,75	4,25	2,97		11,50	4,25	2,97		
22	6	18,75	6,75	3,38		18,75	7,00	4,90		18,50	7,00	4,90		
	7	27,25	8,50	5,94		27,50	8,75	6,12		27,00	8,50	5,94		
	8	4,75	4,75	3,32	3,81	4,25	4,25	2,97	3,81	4,50	4,50	3,15	3,85	3,8228
	9	8,50	3,75	2,62		7,75	3,50	2,45		8,25	3,75	2,62		
	10	12,00	3,50	2,45		11,50	3,75	2,62		12,00	3,75	2,62		
23	11	15,75	3,75	2,62		15,25	3,75	2,62		16,00	4,00	2,80		
	12	22,75	7,00	4,90		22,00	6,75	4,72		13,00	7,00	4,90		
	13	30,50	7,75	5,42	4,78	29,75	7,75	5,42	4,72	30,50	7,50	5,24	4,78	4,7438
	14	8,50	8,50	5,94		8,25	8,25	5,77		8,50	8,50	5,94		
	15	15,50	7,00	4,90		15,50	7,25	5,07		15,50	7,00	4,90		
24	16	20,25	4,75	3,32		20,50	5,00	3,50		20,25	4,75	3,32		
	17	25,75	5,50	3,85		26,00	5,50	3,88		25,50	5,25	3,67		
	18	32,75	7,00	4,90	4,58	32,75	6,75	4,72	4,62	32,50	7,00	4,90	4,58	4,5921
	19	7,75	7,75	5,42		8,00	8,00	5,59		7,75	7,25	5,42		
	20	15,50	7,75	5,42		15,75	7,75	5,42		15,25	8,00	5,59		

Tabela 7 - Dados diários coletados.

mês: jan/1990.

PENTADA	DIA	LISIMETRO 1				LISIMETRO 2				LISIMETRO 3				ETm p
		Leit	Vol	ETm1	ETm1	Leit	Vol	ETm2	ETm2	Leit	Vol	ETm3	ETm3	
21	1	19,50	5,25	3,87		18,50	5,00	3,50		18,50	5,50	3,85		
	2	21,75	3,25	2,27		22,00	3,50	2,45		22,00	3,50	2,45		
	3	29,00	7,25	5,07	3,88	29,50	7,50	5,24	3,88	29,50	7,50	5,24	3,92	3,8928
	4	7,50	7,50	5,24		7,50	7,50	5,24		7,25	7,75	5,07		
	5	12,00	4,50	3,15		11,75	4,25	2,97		11,50	4,25	2,97		
22	6	18,75	8,75	3,38		18,75	7,00	4,90		18,50	7,00	4,90		
	7	27,25	8,50	5,94		27,50	8,75	6,12		27,00	8,50	5,94		
	8	4,75	4,75	3,32	3,81	4,25	4,25	2,97	3,81	4,50	4,50	3,15	3,85	3,8228
	9	8,50	3,75	2,62		7,75	3,50	2,45		8,25	3,75	2,62		
	10	12,00	3,50	2,45		11,50	3,75	2,62		12,00	3,75	2,62		
23	11	15,75	3,75	2,82		15,25	3,75	2,82		18,00	4,00	2,80		
	12	22,75	7,00	4,90		22,00	6,75	4,72		13,00	7,00	4,90		
	13	30,50	7,75	5,42	4,76	29,75	7,75	5,42	4,72	30,50	7,50	5,24	4,76	4,7436
	14	8,50	8,50	5,94		8,25	8,25	5,77		8,50	8,50	5,94		
	15	15,50	7,00	4,90		15,50	7,25	5,07		15,50	7,00	4,90		
24	16	20,25	4,75	3,32		20,50	5,00	3,50		20,25	4,75	3,32		
	17	25,75	5,50	3,85		26,00	5,50	3,85		25,50	5,25	3,67		
	18	32,75	7,00	4,90	4,58	32,75	6,75	4,72	4,62	32,50	7,00	4,90	4,58	4,5921
	19	7,75	7,75	5,42		8,00	8,00	5,59		7,75	7,25	5,42		
	20	15,50	7,75	5,42		15,75	7,75	5,42		15,25	8,00	5,59		

Tabela 8 - Dados diários coletados.

mês: jan/1990.

PÉNTADA	DIA	LISIMEIRO 1				LISIMEIRO 2				LISIMEIRO 3				ETm p
		Leit	Vol	ETm1	ETm1	Leit	Vol	ETm2	ETm2	Leit	Vol	ETm3	ETm3	
25	21	22,75	7,25	5,07		23,00	7,25	5,07		22,25	7,00	4,90		
	22	28,00	5,25	3,87		28,25	5,25	3,87		27,75	5,50	3,85		
	23	8,00	8,00	4,20	4,34	5,75	5,75	4,02	4,34	8,00	8,00	4,20	4,34	4,3357
	24	11,75	5,75	4,02		11,75	6,00	4,20		11,75	5,75	4,02		
	25	18,50	6,75	4,72		18,75	6,75	4,72		18,75	6,75	4,72		
26	26	24,50	8,00	4,20		25,00	8,25	4,37		24,75	8,00	4,20		
	27	4,00	4,00	2,80		4,00	4,00	2,80		3,75	3,75	2,82		
	28	10,75	6,75	4,72	3,92	11,00	7,00	4,90	3,92	10,75	7,00	4,90	3,95	3,9277
	29	18,50	5,75	4,02		18,50	5,50	3,85		18,75	6,00	4,20		
	30	22,00	5,50	3,85		21,75	5,25	3,87		22,25	5,50	3,85		

Quadro 9 - Dados climatológicos do mês de setembro de 1989.

DIA	INSO h/d	PREC. mm	U. R. %	VENTO MED k/h	TEMP. MED. °C	EVAPORAÇÃO TANQUE CLASSE "A"	EVAPORAÇÃO PICHE
1	-	1,0	83	8,3	19,5	0,30	-
2	10,6	-	58	14,7	18,3	6,08	-
3	10,7	-	58	13,0	15,45	5,66	-
4	7,9	-	61	6,8	17,8	3,76	-
5	1,2	0,6	93	5,5	13,7	0,20	-
6	12,0	1,6	88	9,8	17,4	0,70	-
7	5,0	0,5	78	4,8	20,1	2,16	-
8	9,8	2,0	75	8,0	22,9	0,30	-
9	3,7	5,0	85	13,7	20,5	0,16	-
10	5,0	-	77	8,8	22,7	4,02	-
11	8,6	-	62	8,7	24,2	5,88	-
12	5,5	8,3	67	10,8	26,1	6,44	-
13	-	1,0	87	7,8	21,0	0,72	-
14	0,1	2,9	85	9,4	20,2	1,36	-
15	5,5	-	69	11,3	19,8	3,85	-
16	10,5	-	60	12,3	18,0	5,96	-
17	10,9	-	55	16,5	15,7	6,62	-
18	9,9	-	55	11,2	17,4	7,80	-
19	10,1	-	57	6,9	18,3	4,68	-
20	11,0	-	59	8,5	19,8	5,54	-
21	9,8	-	57	5,4	20,7	4,76	-
22	9,4	-	56	6,4	22,1	7,90	-
23	9,1	-	42	10,5	24,3	7,16	7,8
24	8,1	8,8	58	14,0	24,4	8,16	5,7
25	-	1,9	71	17,1	19,0	3,80	9,4
26	0,2	2,5	78	10,2	15,0	0,62	3,6
27	3,7	-	67	9,5	18,6	3,05	2,3
28	7,3	-	66	12,3	19,4	3,99	3,9
29	7,3	-	57	10,3	20,8	5,58	3,9
30	10,3	-	59	14,4	20,8	7,88	6,5

Quadro 10 - Dados climatológicos do mês de outubro de 1989.

DIA	INSO h/d	PREC. mm	U. R. %	VENTO MED k/h	TEMP. MED. °C	EVAPORAÇÃO TANQUE CLASSE "A"	EVAPORAÇÃO PICHE
1	10,6	-	58	9,5	20,3	6,32	8,3
2	10,7	-	48	11,0	22,0	8,06	6,8
3	9,3	4,2	58	14,0	23,3	7,14	7,3
4	3,8	-	71	7,9	20,2	3,72	7,9
5	10,8	-	55	9,9	20,0	6,10	3,1
6	10,1	-	55	10,1	20,3	6,90	6,1
7	10,0	-	56	6,3	20,2	5,26	6,7
8	5,8	-	57	9,7	20,6	5,56	6,1
9	4,7	-	62	12,6	20,9	4,68	6,5
10	10,0	-	58	11,2	22,2	7,82	5,7
11	1,1	1,0	76	7,8	21,3	1,28	7,0
12	2,4	-	61	14,0	20,7	5,18	2,2
13	11,5	-	48	14,5	18,7	7,86	4,8
14	10,2	-	53	16,5	17,4	7,94	10,0
15	1,5	3,1	79	7,7	14,6	0,84	9,5
16	9,0	-	60	9,1	19,0	5,59	1,7
17	11,3	-	52	11,0	19,9	7,75	5,0
18	11,1	-	51	16,0	19,3	9,52	8,8
19	10,8	-	51	13,2	18,9	6,12	10,0
20	10,7	-	51	12,8	20,7	7,82	9,0
21	10,6	-	60	13,1	21,4	7,38	9,4
22	10,0	-	60	11,0	21,2	4,91	7,4
23	11,1	-	55	11,1	21,0	8,57	6,0
24	11,0	-	54	8,3	21,5	7,05	6,9
25	10,9	-	44	9,3	23,9	7,89	8,4
26	4,1	32,1	64	14,5	24,4	7,67	9,5
27	0,4	5,9	70	13,6	21,6	4,86	6,1
28	11,6	-	64	14,3	19,6	7,18	3,6
29	11,5	-	54	7,2	21,5	6,33	5,9
30	11,2	-	49	9,9	22,4	8,32	6,2
31	9,4	-	51	17,9	24,5	10,24	7,8

Quadro 11 - Dados climatológicos do mês de novembro de 1989.

DIA	INSO h/d	PREC. mm	U. R. %	VENTO MED k/h	TEMP. MED. °C	EVAPORAÇÃO TANQUE CLASSE "A"	EVAPORAÇÃO PICHE
1	11,4	-	51	21,5	19,7	9,06	10,7
2	11,2	-	51	11,2	19,8	6,78	11,5
3	4,3	2,6	78	9,0	19,4	1,48	7,6
4	1,6	-	81	7,9	18,0	1,46	2,8
5	9,9	-	51	8,9	22,25	7,92	1,7
6	11,6	-	48	14,0	21,45	10,54	7,4
7	10,6	-	58	10,9	22,6	7,26	10,1
8	11,2	-	58	10,0	24,7	7,86	7,0
9	0,2	1,4	71	7,8	22,0	11,72	7,3
10	3,6	0,5	65	8,9	23,7	4,44	-
11	3,2	17,0	69	9,5	24,0	14,90	-
12	-	34,6	81	11,6	21,1	-	7,1
13	11,5	-	49	15,8	22,1	9,30	1,9
14	12,3	-	54	9,6	19,2	6,82	7,3
15	11,9	-	54	8,0	21,4	7,64	6,4
16	11,1	-	54	9,1	22,7	7,90	6,4
17	10,0	-	63	11,4	23,2	7,29	7,6
18	3,7	-	60	9,9	23,6	5,75	6,9
19	-	4,3	83	6,9	22,1	0,88	6,3
20	4,3	15,0	67	8,6	25,75	4,01	1,6
21	3,7	8,9	76	8,0	23,4	4,20	3,5
22	4,9	-	70	8,4	25,3	4,88	1,9
23	6,5	0,4	70	8,0	26,2	5,26	3,3
24	6,3	1,5	64	9,9	25,75	6,88	3,4
25	11,5	-	54	13,2	23,7	9,20	4,3
26	11,1	-	47	7,7	22,2	7,68	6,9
27	8,5	13,7	63	10,1	24,1	9,10	7,0
28	7,4	-	69	8,4	23,8	5,90	4,9
29	7,6	-	64	14,4	24,4	7,00	4,3
30	9,6	-	59	14,4	24,0	7,34	6,5

Quadro 12 - Dados climatológicos do mês de dezembro de 1989.

DIA	INSO h/d	PREC. mm	U. R. %	VENTO MED k/h	TEMP. MED. °C	EVAPORAÇÃO TANQUE CLASSE "A"	EVAPORAÇÃO PICHE
1	10,0	-	55	17,8	23,4	9,48	7,4
2	11,1	-	60	13,4	23,3	6,78	10,6
3	10,6	-	56	7,5	23,2	8,26	8,7
4	11,2	-	47	10,4	24,4	6,90	6,7
5	11,0	-	54	9,9	24,5	8,02	9,2
6	10,9	-	56	12,1	25,2	9,58	8,6
7	10,1	-	54	9,2	25,5	8,22	8,2
8	9,9	-	55	8,0	25,45	8,32	7,5
9	5,7	-	52	9,2	25,0	6,72	7,7
10	0,4	7,0	76	9,0	22,4	1,70	7,3
11	5,2	26,4	74	7,5	25,2	-	3,0
12	5,5	2,6	78	9,2	25,5	4,40	2,5
13	6,7	20,0	73	8,0	25,7	10,38	2,1
14	7,5	-	64	15,5	25,3	6,76	2,8
15	9,2	-	60	25,5	25,3	10,44	7,2
16	11,5	-	55	12,4	25,3	8,42	10,0
17	7,6	-	52	15,0	25,2	8,18	7,6
18	5,5	2,1	-	14,9	24,6	0,32	7,9
19	0,0	5,9	-	16,0	19,9	2,44	6,3
20	2,2	-	-	14,8	20,1	4,68	4,1
21	11,7	-	-	7,7	20,9	6,76	5,7
22	12,6	-	-	8,0	23,2	6,60	6,8
23	11,0	-	-	9,5	25,0	9,16	8,2
24	11,8	-	-	10,6	24,3	10,00	0,0
25	8,6	1,7	59	9,0	24,25	7,58	9,6
26	-	10,3	83	9,7	22,4	3,76	7,1
27	0,3	58,3	87	6,2	21,9	-	2,1
28	-	23,3	88	10,6	20,7	-	0,8
29	-	18,1	87	14,3	20,7	1,36	1,0
30	1,1	11,3	82	13,9	22,2	2,56	1,2
31	3,6	8,1	78	10,3	24,2	4,56	2,1

Quadro 13 - Dados climatológicos do mês de janeiro de 1989.

DIA	INSO h/d	PREC. mm	U. R. %	VENTO MED k/h	TEMP. MED. °C	EVAPORAÇÃO TANQUE CLASSE "A"	EVAPORAÇÃO PICHE
1	3,3	26,8	78	8,6	24,7	-	3,2
2	1,4	64,2	84	6,5	23,0	-	1,7
3	5,5	-	72	10,6	23,2	5,40	0,8
4	5,1	61,0	73	9,7	23,7	-	3,7
5	0,5	17,1	79	6,2	23,2	2,56	2,5
6	4,9	12,3	77	6,1	25,2	5,60	2,0
7	7,5	-	72	5,7	25,1	5,68	2,0
8	1,3	1,6	73	5,7	24,8	1,70	2,6
9	0,7	7,1	79	6,3	23,7	1,78	2,2
10	1,2	25,4	76	9,7	24,6	-	1,3
11	2,8	6,3	75	10,4	24,6	4,18	2,2
12	7,7	13,3	69	9,6	25,6	5,28	2,7
13	7,7	-	70	6,1	24,95	5,30	4,0
14	11,2	-	60	6,3	26,6	8,06	3,0
15	9,4	18,6	64	8,7	27,5	8,92	5,7
16	7,0	1,2	72	9,0	26,1	5,90	4,8
17	10,8	0,4	60	6,8	26,8	7,18	3,4
18	8,4	-	59	8,3	27,75	7,72	5,4
19	9,3	0,2	65	11,1	26,4	6,96	5,5
20	7,6	-	64	6,4	25,6	5,44	5,8
21	6,2	-	66	7,5	25,9	7,92	4,7
22	7,2	8,1	70	10,8	25,9	10,86	4,6
23	8,7	-	64	6,8	26,1	6,56	4,4
24	10,9	-	61	5,6	26,7	7,28	4,7
25	7,6	-	64	6,7	27,0	7,46	5,0
26	5,6	-	64	8,9	27,4	7,32	4,7
27	8,3	10,0	70	6,9	26,9	7,58	5,7
28	11,0	-	60	9,7	25,5	5,98	3,5
29	12,0	-	54	8,2	25,9	9,48	6,0
30	10,6	-	58	6,2	26,3	7,58	6,4
31	8,5	-	53	6,1	27,2	8,16	5,7

Tabela 14 - Coeficiente de conversão da radiação extraterrestre Q_0 em radiação solar R_s , para diferentes relações entre as horas reais de insolação e as máximas possíveis.

$\frac{n}{N}$	0,35	0,77	0,70	0,38	0,99	0,84	0,80	0,87	0,59	0,44	0,71	0,33	0,61
$\frac{Q_0}{59} \left[0,24 + 0,59 \frac{n}{N} \right]$	5,95	9,21	9,91	7,01	9,73	11,10	8,90	11,38	9,50	8,09	10,69	7,07	9,45

$\frac{n}{N}$	0,65	0,81	0,46	0,60	0,40	0,65	0,07	0,24	0,23	0,59	0,64	0,61	0,71
$\frac{Q_0}{59} \left[0,24 + 0,59 \frac{n}{N} \right]$	10,15	11,94	8,54	9,86	7,93	10,38	4,73	6,33	6,30	9,67	10,30	9,30	10,94

Tabela 15 - Coeficiente de tanque (Kp) para tanque classe "A" para diferentes coberturas vegetais e níveis de umidade relativa média e vento em 24 horas.

UMID. REL. MÉDIA %	TANQUE COLOCADO EM ÁREA CULTIVADA COM VEGETAÇÃO BAIXA				TANQUE COLOCADO EM ÁREA NÃO CULTIVADA					
	TAMANHO DA BORDADURA grama (cm)		BAIXA <40	MÉDIA 40-70	ALTA >70	TAMANHO DA BORDADURA grama (cm)		BAIXA <40	MÉDIA 40-70	ALTA >70
VENTO km/dia										
Leve	1		,55	,65	,75	1		,7	,8	,85
	10		,65	,75	,85	10		,6	,7	,8
	100		,7	,80	,85	100		,55	,65	,75
	1000		,75	,85	,85	1000		,5	,6	,7
Moderado	1		,5	,6	,65	1		,65	,75	,8
	10		,6	,7	,75	10		,55	,65	,7
	100		,65	,75	,8	100		,5	,6	,65
	1000		,7	,8	,8	1000		,45	,55	,6
Forte	1		,45	,5	,6	1		,6	,65	,7
	10		,55	,6	,65	10		,5	,55	,65
	100		,6	,65	,7	100		,45	,5	,6
	1000		,65	,7	,75	1000		,4	,45	,55
425 - 700	1		,4	,45	,5	1		,5	,6	,65
	10		,45	,55	,6	10		,45	,5	,55
	100		,5	,6	,65	100		,4	,45	,5
	1000		,55	,6	,65	1000		,35	,4	,45
Muito forte	1		,4	,45	,5	1		,5	,6	,65
	10		,45	,55	,6	10		,45	,5	,55
	100		,5	,6	,65	100		,4	,45	,5
	1000		,55	,6	,65	1000		,35	,4	,45

Tabela 16 - Fatores de correção da evapotranspiração tabular diária, para obtenção da evapotranspiração potencial mensal, ajustada segundo o número de dias do mês e a duração média do dia, nos vários meses e latitudes do hemisfério sul.

LAT. SUL.	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
0°	31,2	28,2	31,2	30,3	31,2	30,3	31,2	31,2	30,3	31,2	30,3	31,2
1	31,2	28,2	31,2	30,3	31,2	30,3	31,2	31,2	30,3	31,2	30,3	31,2
2	31,5	28,2	31,2	30,3	31,9	30,0	31,2	31,2	30,3	31,2	30,6	31,5
3	31,5	28,5	31,2	30,0	31,9	30,0	30,9	31,2	30,0	31,2	30,6	31,5
4	31,8	28,5	31,2	30,0	31,9	29,7	30,9	30,9	30,0	31,5	30,6	31,8
5	31,8	28,5	31,2	30,0	30,6	29,7	30,6	30,9	30,0	31,5	30,9	31,8
6	31,8	28,8	31,2	30,0	30,6	29,4	30,6	30,9	30,0	31,5	30,9	32,1
7	32,1	28,8	31,2	30,0	30,6	29,4	30,3	30,6	30,0	31,5	30,9	32,4
8	32,1	28,8	31,5	29,7	30,3	29,1	30,3	30,6	30,0	31,8	31,2	32,4
9	32,4	29,1	31,5	29,7	30,3	29,1	30,0	30,6	30,0	31,8	31,2	32,7
10	32,4	29,1	31,5	29,7	30,3	28,8	30,0	30,3	30,0	31,8	31,5	33,0
11	32,7	29,1	31,5	29,7	30,0	28,8	29,7	30,3	30,0	31,8	31,5	33,0
12	32,7	29,1	31,5	29,7	30,0	28,5	29,7	30,3	30,0	31,8	31,8	33,3
13	33,0	29,4	31,5	29,4	29,7	28,5	29,4	30,0	30,0	32,1	31,8	33,3
14	33,3	29,4	31,5	29,4	29,7	28,2	29,4	30,0	30,0	32,1	32,1	33,6
15	33,6	29,4	31,5	29,4	29,4	28,2	29,1	30,0	30,0	32,1	32,1	33,6
16	33,6	29,7	31,5	29,4	29,4	27,9	29,1	30,0	30,0	32,1	32,1	33,9
17	33,9	29,7	31,5	29,4	29,1	27,9	28,8	29,7	30,0	32,1	32,4	33,9
18	33,9	29,7	31,5	29,1	28,1	27,5	28,8	29,7	30,0	32,4	32,4	34,2
19	34,2	30,0	31,5	29,1	28,6	27,6	28,5	29,7	30,0	32,4	32,7	34,2
20	34,3	30,0	31,5	29,1	28,8	27,3	28,5	29,7	30,0	32,4	32,7	34,5
21	34,5	30,0	31,5	29,1	28,6	27,3	28,2	29,7	30,0	32,4	32,7	34,5
22	34,5	30,0	31,5	29,1	28,5	27,0	28,2	29,4	30,0	32,7	33,0	34,8
23	34,8	30,3	31,5	28,8	28,5	26,7	27,9	29,4	30,0	32,7	33,0	35,1
24	35,1	30,3	31,5	28,8	28,2	26,7	27,9	29,4	30,0	32,7	33,3	35,1
25	35,1	30,3	31,5	28,8	28,2	26,4	27,9	29,4	30,0	33,0	33,3	35,4
26	35,4	30,6	31,5	28,8	28,2	26,4	27,6	29,1	30,0	33,0	33,6	35,4
27	35,4	30,6	31,5	28,8	27,9	26,1	27,6	29,1	30,0	33,0	33,6	35,7
28	35,7	30,6	31,8	28,5	27,9	25,8	27,3	29,1	30,0	33,0	33,9	36,0
29	35,7	30,9	31,8	28,5	27,6	25,8	27,3	28,8	30,0	33,0	33,9	36,0
30	36,0	30,9	31,8	28,5	27,6	25,5	27,0	28,8	30,0	33,6	34,2	36,3
31	36,3	30,9	31,8	28,5	27,3	25,2	27,0	28,8	30,0	33,6	34,5	36,6
32	36,3	30,9	31,8	28,5	27,3	25,2	26,7	28,5	30,0	33,6	34,5	36,9
33	36,6	31,2	31,8	28,2	27,0	24,9	26,4	28,5	30,0	33,9	34,8	36,9
34	36,6	31,2	31,8	28,2	27,0	24,9	26,4	28,5	30,0	33,9	34,8	37,2
35	36,9	31,2	31,8	28,2	26,7	24,6	26,1	28,2	30,0	33,9	35,1	37,5
36	37,2	31,5	31,8	28,2	26,7	24,3	25,8	28,2	30,0	34,2	35,4	37,8
37	37,5	31,5	31,8	28,2	26,4	24,0	25,5	27,9	30,0	34,2	35,7	38,1
38	37,5	31,5	32,1	27,9	26,1	24,0	25,5	27,9	30,0	34,2	35,7	38,1
39	37,8	31,8	32,1	27,9	26,1	23,7	25,2	27,9	30,0	34,5	36,0	38,4

Transcrito de CAMARGO (1966) "contribuição para determinação de evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo" IAC, Campinas.

Tabela 17 - Valores da constante C para cálculo de $ET_0 = C \cdot WRs$.

INTERVALOS DE VELOCIDADE MÉDIA DO VENTO (m/s)	INTERVALO DE UMIDADE RELATIVA MÉDIA (%)			
	< 40	40-55	55-70	> 70
0 - 2	0,971	0,929	0,857	0,814
2 - 5	1,057	1,014	0,927	0,886
5 - 8	1,143	1,100	0,986	0,923
> 8	1,229	1,172	1,043	1,000

DOOREMBOS & KASSAN (1979).

Tabela 18 - Dados climáticos médios por pântada.

PÊNTADA	ECA mm/dia	T (°C)	UR %	Pi	n h/d	U K/h
1	4,56	20,3	63	5,76	4,22	12,26
2	6,37	20,7	58	6,37	9,24	11,50
3	5,82	20,8	59	5,82	8,80	9,64
4	4,90	21,1	63	4,90	4,80	11,06
5	6,00	17,9	58	6,00	8,70	11,76
6	7,15	20,3	55	7,15	10,64	13,22
7	7,21	22,5	57	7,21	7,50	11,36
8	8,23	21,5	54	8,23	11,02	14,16
9	5,64	20,2	62	5,64	7,72	10,20
10	9,24	23,4	64	9,24	5,76	9,42
11	6,33	21,3	58	6,33	9,36	10,82
12	4,43	23,6	70	4,43	4,34	8,96
13	6,78	24,6	61	6,78	8,06	9,44
14	7,76	23,9	62	7,76	8,62	13,02
15	7,91	24,1	55	7,91	10,96	10,66
16	5,00	24,7	62	5,00	6,26	8,58
17	8,08	25,4	62	8,08	8,08	14,12
18	4,48	22,1	52	4,48	5,40	13,68
19	7,42	23,8	71	7,42	8,08	9,36
20	1,70	21,9	84	1,70	1,00	11,06
21	1,59	23,5	77	1,59	3,16	8,32
22	2,95	24,7	75	2,95	3,12	6,70
23	6,35	25,9	68	6,35	7,76	8,22
24	6,64	26,5	64	6,64	8,62	8,32
25	8,02	26,3	65	8,02	8,12	7,48
26	7,59	26,4	61	7,59	9,50	7,98

Tabela 19 - Duração máxima da insolação diária em hora, nos vários meses do ano e latitudes de 10 graus norte e 40 graus sul. Os valores correspondem ao 15 dia de cada mês (fotoperíodo) (ND).

LAT.	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
10° N	11,6	11,8	12,1	12,4	12,6	12,7	12,6	12,4	12,2	11,9	11,7	11,5
8° N	11,7	11,9	12,1	12,3	12,5	12,6	12,5	12,4	12,2	12,0	11,8	11,6
6° N	11,8	11,9	12,1	12,3	12,4	12,5	12,4	12,3	12,2	12,0	11,9	11,7
4° N	11,9	12,0	12,1	12,2	12,3	12,4	12,3	12,2	12,0	12,0	11,9	11,9
2° N	12,0	12,0	12,1	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,1	12,1	12,0	12,0
Equador	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1
2° S	12,2	12,2	12,1	12,1	12,0	12,0	12,0	12,0	12,1	12,1	12,2	12,2
4° S	12,3	12,2	12,1	12,0	11,9	11,8	11,9	12,0	12,1	12,2	12,3	12,4
6° S	12,4	12,3	12,1	12,0	11,9	11,7	11,8	11,9	12,1	12,2	12,4	12,5
8° S	12,5	12,4	12,1	11,9	11,7	11,6	11,7	11,9	12,1	12,3	12,5	12,6
10° S	12,6	12,4	12,1	11,9	11,7	11,5	11,6	11,8	12,0	12,3	12,6	12,7
12° S	12,7	12,5	12,2	11,8	11,6	11,4	11,5	11,7	12,0	12,4	12,7	12,8
14° S	12,8	12,6	12,2	11,8	11,5	11,3	11,4	11,6	12,0	12,4	12,8	12,9
16° S	13,0	12,7	12,2	11,7	11,4	11,2	11,2	11,6	12,0	12,4	12,9	13,1
18° S	13,1	12,7	12,2	11,7	11,3	11,1	11,1	11,5	12,0	12,5	13,0	13,2
20° S	13,2	12,8	12,2	11,6	11,2	10,9	11,0	11,4	12,0	12,5	13,2	13,3
22° S	13,4	12,8	12,2	11,6	11,1	10,8	10,9	11,3	12,0	12,6	13,2	13,5
24° S	13,5	12,9	12,3	11,5	10,9	10,7	10,8	11,2	11,9	12,6	13,3	13,6
26° S	13,6	12,9	12,3	11,5	10,8	10,5	10,7	11,2	11,9	12,7	13,4	13,8
28° S	13,7	13,0	12,3	11,4	10,7	10,4	10,6	11,1	11,9	12,8	13,5	13,9
30° S	13,9	13,1	12,3	11,4	10,6	10,2	10,4	11,0	11,9	12,8	13,6	14,1
32° S	14,0	13,2	12,3	11,3	10,5	10,0	10,3	10,9	11,9	12,9	13,7	14,2
34° S	14,2	13,3	12,3	11,3	10,3	9,8	10,1	10,9	11,9	12,9	13,9	14,4
36° S	14,3	13,4	12,4	11,2	10,2	9,7	10,0	10,7	11,9	13,0	14,0	14,5
38° S	14,5	13,5	12,4	11,1	10,1	9,5	9,8	10,6	11,8	13,1	14,2	14,8
40° S	14,7	13,6	12,4	11,1	9,9	9,3	9,6	10,5	11,8	13,1	14,3	15,0

Dados interpolados de SMITHSONIAN METEOROLOGICAL TABLES, 6.^a Edição, 1951.

Tabela 20 - Radiação solar recebida no limite mais externo da atmosfera no 15 dia de cada mês entre latitude 10. N Equador e 40.S (valores Q_0 em cal/cm dia).

LATITUDE		JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
10° N		761	814	873	885	873	867	873	879	867	820	767	732
8° N		779	832	879	879	861	856	861	873	873	838	785	749
6° N		797	844	879	873	850	838	850	861	873	850	802	773
2° N		832	867	885	861	826	802	814	844	873	867	838	814
Equador		850	879	885	856	808	785	797	832	867	873	856	832
2° S		861	885	885	850	791	767	779	820	867	879	873	850
4° S		879	897	885	838	779	749	755	808	861	885	885	873
6° S		897	903	885	826	755	732	743	797	861	897	897	890
8° S		909	909	879	814	738	708	720	779	856	897	909	903
10° S		920	920	873	802	720	684	702	767	850	897	915	920
12° S		938	920	867	791	696	661	684	755	838	897	926	932
14° S		950	926	861	773	679	637	661	738	838	903	938	944
16° S		956	932	856	755	661	614	637	720	826	903	944	956
18° S		968	932	850	743	537	590	620	702	814	903	956	974
20° S		979	932	838	720	614	566	596	684	802	897	962	985
22° S		991	932	826	702	590	543	572	661	791	897	968	991
24° S		991	932	814	684	566	519	549	643	779	897	968	003
26° S		997	926	802	661	543	496	519	625	761	891	974	015
28° S	1	003	920	791	643	519	450	498	602	743	885	979	021
30° S	1	003	920	779	620	496	437	472	578	732	873	979	027
32° S	1	009	909	767	596	472	407	448	555	714	867	979	033
34° S	1	009	903	743	578	448	378	313	531	696	861	979	038
36° S	1	009	897	732	555	419	354	389	507	673	850	979	038
38° S	1	009	885	714	531	389	330	366	484	649	838	874	044
40° S	1	003	879	690	507	360	295	336	460	631	826	968	044

Dados interpolados de SHAW, NAPIER - Manual of Meteorology, Cambridge, University Press.

Tabela 21 - Tensão máxima do vapor, sobre água, em milímetros de Hg (valores de $e_s(t)$).

(t)	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
0	4,58	4,61	4,65	4,68	4,72	4,75	4,79	4,82	4,86
1	4,93	4,96	5,00	5,03	5,07	5,11	5,14	5,18	5,22
2	5,29	5,33	5,37	5,41	5,45	5,49	5,53	5,57	5,61
3	5,69	5,73	5,77	5,81	5,85	5,89	5,93	5,97	6,02
4	6,10	6,14	6,19	6,23	6,27	6,32	6,36	6,41	6,45
5	6,54	6,59	6,64	6,68	6,73	6,78	6,82	6,87	6,92
6	7,01	7,06	7,11	7,16	7,21	7,26	7,31	7,36	7,41
7	7,51	7,57	7,62	7,67	7,72	7,78	7,83	7,88	7,94
8	8,05	8,10	8,16	8,21	8,27	8,32	8,38	8,44	8,49
9	8,61	8,67	8,73	8,79	8,85	8,91	8,97	9,03	9,09
10	9,21	9,27	9,33	9,40	9,46	9,52	9,59	9,65	9,71
11	9,84	9,91	9,98	10,04	10,11	10,18	10,24	10,31	10,38
12	10,52	10,59	10,66	10,73	10,80	10,87	10,94	11,01	11,09
13	11,23	11,31	11,38	11,45	11,53	11,60	11,68	11,76	11,83
14	11,99	12,07	12,14	12,22	12,30	12,38	12,46	12,54	12,62
15	12,79	12,87	12,95	13,04	13,12	13,21	13,29	13,38	13,46
16	13,63	13,72	13,81	13,90	13,99	14,08	14,17	14,26	14,35
17	14,53	14,62	14,72	14,81	14,90	15,00	15,09	15,19	15,28
18	15,48	15,58	15,67	15,77	15,87	15,97	16,07	16,17	16,27
19	16,48	16,58	16,69	16,79	16,89	17,00	17,11	17,21	17,32
20	17,54	17,54	17,75	17,86	17,97	18,09	18,20	18,31	18,42
21	18,65	18,77	18,88	19,00	19,11	19,23	19,35	19,47	19,59
22	19,83	19,95	20,07	20,19	20,32	20,44	20,57	20,69	20,82
23	21,07	21,20	21,32	21,45	21,58	21,71	21,85	21,98	22,11
24	22,38	22,51	22,65	22,79	22,92	23,06	23,20	23,34	23,48
25	23,76	23,90	24,04	24,18	24,33	24,47	24,62	24,76	24,91
26	25,21	25,36	25,51	25,66	25,81	25,96	26,12	26,27	26,43
27	26,74	26,90	27,06	27,21	27,37	27,54	27,70	27,86	28,02
28	28,35	28,51	28,68	28,85	29,02	29,18	29,35	29,53	29,70
29	30,04	30,22	30,39	30,57	30,75	30,92	31,10	31,28	31,46
30	31,82	32,01	32,19	32,38	32,56	32,75	32,93	33,12	33,31
31	33,70	33,89	34,08	34,28	34,47	34,67	34,86	35,06	35,26
32	35,66	35,87	36,07	36,27	36,48	36,68	36,89	37,10	37,31
33	37,73	37,94	38,16	38,37	38,58	38,80	39,02	39,24	39,46
34	39,90	40,12	40,34	40,57	40,80	41,02	41,25	41,48	41,71
35	42,18	42,41	42,64	42,88	43,12	43,36	43,60	43,84	44,08
36	44,56	44,81	45,05	45,30	45,55	45,80	46,05	46,30	46,56
37	47,07	47,32	47,58	47,84	48,10	48,36	48,63	48,89	49,16
38	49,69	49,86	50,23	50,50	50,77	51,05	51,32	51,60	51,88
39	52,44	52,73	53,01	53,29	53,58	53,87	54,16	54,45	54,74
40	55,32	55,61	55,91	56,21	56,51	56,81	57,11	57,41	57,72
41	58,34	58,65	58,96	59,27	59,58	59,90	60,22	60,54	60,85
42	61,50	61,82	62,14	62,47	62,80	63,13	63,46	63,79	64,12
43	64,80	65,14	65,48	65,82	66,16	66,51	66,86	67,21	67,56
44	68,26	68,61	68,97	69,33	69,69	70,05	70,41	70,77	71,14

Tabela 22 - Evapotranspiração tabular diária, segundo Thornthwaite, não ajustada para o comprimento do dia correspondente à temperatura média diária (T_d) entre 6,5 e 26,0 °C, em regiões frias, com temperatura média anual normal (Índice T) entre 12,5 e 17,0 °C.

		TEMPERATURA MÉDIA ANUAL NORMAL DA DA REGIÃO EM °C-ÍNDICE									
TEMPERATURA MÉDIA DIÁRIA											
Td		12,5	13,0	13,5	14,0	14,5	15,0	15,5	16,0	16,5	17,0
°C		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
6,5		0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4
7,0		0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4
7,5		0,9	0,9	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5
8,0		1,0	1,0	1,0	0,9	0,8	0,8	0,7	0,6	0,6	0,6
8,5		1,1	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6
9,0		1,2	1,1	1,1	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7
9,5		1,3	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8
10,0		1,4	1,3	1,3	1,2	1,1	1,1	1,0	0,9	0,9	0,8
10,5		1,4	1,4	1,4	1,2	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0	0,9
11,0		1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,1	1,1	1,0	1,0
11,5		1,6	1,5	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1,1	1,0
12,0		1,7	1,6	1,6	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	1,2	1,1
12,5		1,8	1,7	1,7	1,6	1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	1,2
13,0		1,9	1,8	1,8	1,7	1,6	1,6	1,5	1,5	1,5	1,3
13,5		2,0	1,9	1,9	1,8	1,7	1,7	1,6	1,6	1,5	1,4
14,0		2,0	2,0	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7	1,6	1,6	1,5
14,5		2,1	2,1	2,0	1,9	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7	1,6
15,0		2,2	2,2	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9	1,8	1,8	1,7
15,5		2,3	2,3	2,2	2,1	2,1	2,0	1,9	1,9	1,9	1,8
16,0		2,4	2,4	2,3	2,2	2,2	2,1	2,0	2,0	2,0	1,9
16,5		2,5	2,5	2,4	2,3	2,3	2,2	2,1	2,1	2,0	1,9
17,0		2,6	2,6	2,5	2,4	2,4	2,3	2,2	2,2	2,1	2,0
17,5		2,7	2,7	2,6	2,5	2,5	2,4	2,3	2,3	2,3	2,2
18,0		2,8	2,8	2,7	2,7	2,6	2,5	2,4	2,4	2,4	2,3
18,5		2,9	2,9	2,8	2,7	2,7	2,6	2,5	2,5	2,5	2,4
19,0		3,0	3,0	2,9	2,8	2,8	2,7	2,6	2,6	2,6	2,5
19,5		3,1	3,1	3,0	2,9	2,9	2,8	2,7	2,7	2,7	2,6
20,0		3,2	3,2	3,1	3,0	3,0	3,0	2,9	2,8	2,8	2,8
20,5		3,3	3,3	3,2	3,2	3,2	3,1	3,0	3,0	3,0	2,9
21,0		3,4	3,4	3,3	3,3	3,3	3,2	3,1	3,1	3,1	3,0
21,5		3,5	3,5	3,4	3,4	3,4	3,3	3,2	3,2	3,2	3,1
22,0		3,6	3,6	3,5	3,5	3,4	3,4	3,3	3,3	3,3	3,3
22,5		3,7	3,7	3,6	3,6	3,6	3,5	3,5	3,4	3,4	3,4
23,0		3,8	3,8	3,8	3,7	3,7	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
23,5		3,9	3,9	3,9	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,7	3,7
24,0		4,0	4,0	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,8	3,8
24,5		4,1	4,1	4,1	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	3,9	3,9
25,0		4,2	4,2	4,2	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,0
25,5		4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,2	4,2	4,2	4,2
26,0		4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4

Tabela 23 - Evapotranspiração tabular diária, segundo Thornthwaite, não ajustada para o comprimento do dia correspondente à temperatura média diária (Td) entre 6,5 e 26,0 °C, em regiões frias, com temperatura média anual normal (índice T) entre 17,5 e 26,0 °C.

TEMPERATURA MÉDIA DIÁRIA Td	TEMPERATURA MÉDIA ANUAL NORMAL DA DA REGIÃO EM °C-ÍNDICE									
	17,5	18,0	18,5	19,0	19,5	20,0	20,5	21,0	21,5	22,0
°C	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
6,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
7,0	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
7,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2
8,0	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2
8,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3
9,0	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3
9,5	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4
10,0	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4
10,5	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5
11,0	1,0	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5
11,5	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6
12,0	1,1	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,7	0,7	0,7	0,6
12,5	1,2	1,2	1,1	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7
13,0	1,3	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,8
13,5	1,4	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0	0,9	0,9
14,0	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0	0,9
14,5	1,6	1,5	1,4	1,4	1,3	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
15,0	1,7	1,6	1,5	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	1,1	1,1
15,5	1,8	1,7	1,6	1,6	1,5	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2
16,0	1,9	1,8	1,7	1,7	1,6	1,6	1,5	1,4	1,4	1,3
16,5	1,9	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7	1,6	1,5	1,5	1,4
17,0	2,0	2,0	1,9	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7	1,6	1,5
17,5	2,2	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9	1,8	1,7	1,7	1,6
18,0	2,3	2,3	2,2	2,1	2,1	2,0	2,0	1,9	1,8	1,8
18,5	2,4	2,4	2,3	2,2	2,2	2,2	2,1	2,0	1,9	1,9
19,0	2,5	2,5	2,4	2,4	2,3	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9
19,5	2,6	2,6	2,5	2,5	2,4	2,4	2,3	2,2	2,2	2,1
20,0	2,8	2,8	2,8	2,6	2,5	2,4	2,4	2,3	2,3	2,2
20,5	2,9	2,9	2,8	2,8	2,7	2,7	2,6	2,5	2,5	2,4
21,0	3,0	3,0	2,9	2,9	2,8	2,8	2,7	2,7	2,7	2,6
21,5	3,1	3,1	3,0	3,0	2,9	2,9	2,9	2,8	2,8	2,7
22,0	3,3	3,3	3,1	3,1	3,1	3,1	3,0	3,0	3,0	2,9
22,5	3,5	3,5	3,3	3,3	3,2	3,2	3,1	3,1	3,1	3,1
23,0	3,6	3,6	3,6	3,5	3,4	3,4	3,3	3,3	3,3	3,3
23,5	3,7	3,7	3,7	3,6	3,6	3,6	3,5	3,4	3,4	3,4
24,0	3,8	3,8	3,7	3,7	3,7	3,7	3,6	3,5	3,5	3,5
24,5	3,9	3,9	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,7	3,7	3,7
25,0	4,1	4,1	4,1	4,0	4,0	4,0	4,0	3,9	3,9	3,9
25,5	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,1	4,1	4,1
26,0	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,3	4,3	4,3

Tabela 25 - Valores de Δ entre 1 e 40°C ($\Delta = de/dt$).

t(°C)	Δ	t(°C)	Δ	t(°C)	Δ	t(°C)	Δ
1,0	0,3	11,0	0,7	21,0	1,1	31,0	2,0
2,0	0,4	12,0	0,7	22,0	1,2	32,0	2,1
3,0	0,4	13,0	0,8	23,0	1,3	33,0	2,1
4,0	0,4	14,0	0,8	24,0	1,3	34,0	2,2
5,0	0,5	15,0	0,8	25,0	1,4	35,0	2,3
6,0	0,5	16,0	0,9	26,0	1,5	36,0	2,6
7,0	0,6	17,0	0,9	27,0	1,6	37,0	2,6
8,0	0,6	18,0	1,0	28,0	1,6	38,0	2,7
9,0	0,6	19,0	1,0	29,0	1,8	39,0	2,8
10,0	0,6	20,0	1,0	30,0	1,9	40,0	2,9

Transcrito de VILLA NOVA (1967) "A ESTIMATIVA DA EVAPORAÇÃO POTENCIAL ESTADO DE SÃO PAULO" (Tese de Doutorado) - ESALQ/USP.

Tabela 26 - Valores do fator de ponderação (W) para o efeito de radiação solar sobre ETo a diferentes temperaturas e altitudes.

ALTITUDE (m)	TEMPERATURA (°C)																			
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
0	.43	.46	.49	.52	.55	.58	.61	.64	.66	.69	.71	.73	.75	.77*	.78	.80	.82	.83	.84	.85
500	.45	.48	.51	.54	.57	.60	.62	.65	.67	.70	.72	.74	.76	.78	.79	.81	.82	.84	.85	.86
1000	.46	.49	.52	.55	.58	.61	.64	.66	.69	.71	.73	.75	.77	.79	.80	.82	.83	.85	.86	.87
2000	.49	.52	.55	.58	.61	.64	.66	.69	.71	.73	.75	.77	.79	.81	.82	.84	.85	.86	.87	.88
3000	.52	.55	.58	.61	.64	.66	.69	.71	.73	.75	.77	.79	.81	.82	.84	.85	.86	.88	.88	.89

Transcrito de YIELD RESPONSE TO WATER FAO (1979).