

DEMANDA DE ÁGUA NA CULTURA DE REPOLHO
(Brassica oleracea VAR. capitata L.)

DALVA MARTINELLI CURY

Orientador: JOSÉ CARLOS OMETTO

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Agronomia. Área de Concentração: Solos e Nutrição de Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Outubro, 1985

A minha filha FLÁVIA
que soube esperar até este
dia para receber mais atenção
e amor.

Aos meus pais que sempre me
deram apoio e carinho.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Dr. José Carlos Ometto pela orientação, apoio e estímulo;
- Ao Prof. Dr. Nilson Augusto Villa Nova pela dedicação em todas as fases deste trabalho;
- Ao Prof. Dr. Toshiaki Kimoto pela orientação e apoio técnico;
- Aos Professores do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas pela contribuição na minha formação;
- Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) por financiar meu estudo no Curso de Pós-graduação em solos e Nutrição de Plantas;
- A Universidade Estadual Paulista (UNESP) pela oportunida^d concedida.
- Ao Departamento de Ciências Ambientais - UNESP - Botucatu pelo apoio integral no desenvolvimento desta pesquisa;
- Aos funcionários do Departamento de Ciências Ambientais - UNESP - Botucatu;
- A todos que de uma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Í N D I C E

	Página
RESUMO	viii
SUMMARY	ix
 1. INTRODUÇÃO	01
 2. REVISÃO DE LITERATURA	03
 3. MATERIAL E MÉTODOS	12
3.1. Material	12
3.1.1. Área experimental	12
3.1.2. Classificação do solo	12
3.1.3. Características físicas e químicas do solo	13
3.1.4. Cultivar de repolho	13
3.1.5. Evapotranspirômetros de nível freático constante	13
3.1.5.1. Caixas de cimento amianto	18
3.1.5.2. Tanque intermediário	18
3.1.5.3. Tanque medidor	21
3.1.5.4. Cobertura das caixas	21
3.1.6. Equipamentos complementares	21
3.1.6.1. Tanque classe A	21
3.1.6.2. Tanque classe A "coberto"	22
3.1.6.3. Pluviômetro	22
3.1.6.4. Anemômetros	22

	Página
3.1.6.5. Heliógrafo	23
3.1.6.6. Termohigrógrafo	23
3.1.6.7. Termômetros de máxima e mí- mina	23
3.1.6.8. Evaporímetro de Piche	23
3.2. Métodos	24
3.2.1. Preparo do solo	24
3.2.2. Plantio, colheita e condução do ex- perimento	24
3.2.3. Montagem dos evapotranspirômetros ..	25
3.2.4. Aferição da escala de medida	26
3.2.5. Operação dos evapotranspirômetros ..	27
3.2.5.1. Fase inicial	27
3.2.5.2. Funcionamento	27
3.2.5.3. Medidas de umidade do solo dos evapotranspirômetros ..	28
3.2.6. Estimativas da evapotranspiração de referência	28
3.2.6.1. Método do Tanque Classe A (ET_0A)	29
3.2.6.2. Método da Radiação Solar (ET_0R)	29
3.2.6.3. Método de Thornthwaite (ET_0T) ..	30
3.2.6.4. Método de Thornthwaite modi- ficado (ET_0T^*)	30
3.2.6.5. Método de Penman (ET_0P) ...	31

3.2.6.6. Método de Penman modificado ($ET_0 P^*$)	32
3.2.6.7. Método de Linacre ($ET_0 L$) ..	33
3.6.7. Estimativas do coeficiente de cultu- ra (K_c)	33
3.2.7.1. Considera�es gerais	33
3.2.7.2. Símbolos adotados	34
3.2.8. Avalia�o da produ�o	35
4. RESULTADOS OBTIDOS	36
4.1. Valores diários coletados	36
4.2. Valores médios coletados por décadas	36
4.3. Estimativas de evapotranspira�o de refe- rência	37
4.4. Peso médio dos repolhos	37
4.5. Condi�es de umidade dentro dos evapotrans- pir�metros	37
5. DISCUSSÃO	47
5.1. Métodos de avalia�o da evapotranspira�o de referência	47
5.1.1. A estimativa do poder evaporante do ar a sombra em fun�o da evapora�o Piche	47
5.1.2. Modifica�es introduzidas nos m�eto- dos de Penman e Thornthwaite	48

5.1.2.1. Método de Thornthwaite modi ficado (ETH*)	48
5.1.2.2. Método de Penman modificado (ETP*)	50
5.1.3. Avalia�o da eficiência dos m�etodos de estimativa da evapotranspira�o de referência	50
5.2. Valores do coeficiente de cultura	53
5.3. Consumo estacional de água pela cultura do repolho	55
5.4. Desempenho dos evapotranspirômetros	55
6. CONCLUSÕES	59
LITERATURA CITADA	61
AP�NDICE	67

DEMANDA DE ÁGUA NA CULTURA DE REPOLHO
(*Brassica oleracea* var. *capitata* L.)

Autor: DALVA MARTINELLI CURY

Orientador: JOSÉ CARLOS OMETTO

RESUMO

No presente trabalho determinou-se o consumo hídrico de uma cultura de repolho (ao longo de ciclos de verão e inverno), cultivada no município de Botucatu-SP (22°51'S, 48°26'W, 786 m), utilizando-se para estas avaliações de dois conjuntos evapotranspirômetros de lençol freático fixo, adaptados para a cultura. Simultaneamente foram determinados os valores dos coeficientes de cultura, relativos a vários métodos de evapotranspiração de uso mais consagrado, propondo-se também adaptações locais aos métodos de Penman (1948) e THORNTHWAITE (1948).

Os resultados obtidos para o consumo hídrico (469,7 e 445,1 mm, no ciclo de verão e 357,5 mm no ciclo de inverno), e a facilidade operacional, demonstraram que estes tipos de evapotranspirômetros são viáveis para estudos de demanda hídrica, determinação de coeficientes de cultura, e aferição de métodos de estimativa de evapotranspiração de referência.

ASSESSMENT OF WATER REQUIREMENTS BY THE CABBAGE
(*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) CROP

Author: DALVA MARTINELLI CURY
Adviser: JOSE CARLOS OMETTO

SUMMARY

The water consumption was determined for a cabbage crop (throughout summer and winter cycles) grown in the "municipio" of Botucatu-SP ($22^{\circ}51'S$, $48^{\circ}26'W$). For these determinations 2 evapotranspirometers with constant water table level, adapted for the crop, were utilized. Simultaneously, determinations were made of the crop coefficients by several conventional methods of evapotranspiration, and some local adaptations of the Penman (1948) and Thornthwaite (1948) methods were proposed.

The results obtained for the water consumption (469.7 and 445.1 mm in the summer cycle, and 357.5 mm in the winter cycle) and the ease of operation demonstrated that these evapotranspirometer types are viable for water requirement studies, crop coefficient determinations and for checking methods of estimation of reference evapotranspiration.

1. INTRODUÇÃO

Os elevados custos atuais dos equipamentos de irrigação e de aplicação de água, exigem cada vez mais o conhecimento correto de quanto e quando aplicá-la. Para isto são desenvolvidos métodos e processos para determinar-se a demanda ideal de água em cada fase de um ciclo cultural. A experiência revela que alguns destes processos são complexos demais para serem utilizados na prática, outros sendo de fácil aplicação, não chegam a produzir resultados aceitáveis, existindo sempre a busca de métodos que reunam tanto precisão como facilidade operacional. Com vistas a solução deste problema a DOORENBOS e KASSAM (1979), publicaram o resultado de um consenso de especialistas no setor, que selecionou uma série de métodos considerados como os mais viáveis tanto pela precisão como pela praticidade.

No presente trabalho, com auxílio de um evapotranspirômetro de lençol freático constante, adaptado para cultura de hortaliças, teve-se por objetivos obter conhecimentos

sobre o consumo de água em ciclos de verão e de inverno na cultura do repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) como também testar a validade dos vários métodos climatológicos propostos como viáveis, procurando otimizar a sua eficiência, através de modificações introduzidas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Vários são os métodos elaborados para estimativas da evapotranspiração potencial, sendo citado por DOORENBOS e PRUITT (1975) cerca de trinta e cinco. Dentre eles, apenas aqueles que tem relação mais direta com a presente pesquisa serão mencionados.

THORNTHWAITE (1944) definiu evapotranspiração potencial (ET_0) como a perda de água de uma superfície de solo úmido, completamente coberta por vegetação, em fase de desenvolvimento ativo, com extensão suficiente para minimizar o efeito de oásis. DOORENBOS e PRUITT (1975) definem evapotranspiração potencial ou de referência como a quantidade de água perdida por uma extensa superfície de grama com altura uniforme de 8 a 15 cm em crescimento ativo, cobrindo completamente o solo, sem restrição de água. Quando qualquer das condições acima não é satisfeita, tem-se evapotranspiração real (ET_r).

THORNTHWAITE (1948) cita que a evapotranspira-

ção é uma função do clima, do suprimento hídrico do solo, da cobertura vegetal e do manejo adotado. TANNER e LEMON (1962) apontam ainda outros valores como: capilaridade, arquitetura da planta, sistema radicular e variações fisiológicas.

Para se obter a evapotranspiração de uma cultura (ET_c), muitos trabalhos foram realizados comparando - se valores de evapotranspiração de referência (ET_0) e de evapotranspiração de culturas (ET_c), sob diferentes condições de clima e solo. Dessa forma foram determinados coeficientes de cultura (K_c) que variam com a cultura, estágio de desenvolvimento, velocidade do vento e umidade. DOORENBOS e KASSAM (1979)

SCARDUA (1970) determinou o coeficiente de proporcionalidade entre a evapotranspiração real e a evaporação do tanque classe A para a cultura do milho.

Existem muitos métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_0). A escolha de um ou outro método dependerá na maioria das vezes, da disponibilidade de dados meteorológicos. Sendo assim muito se tem pesquisado para se obter um método que necessite de dados fáceis de serem obtidos. DOORENBOS E PRUITT (1975).

O método de BLANEY-CRIDDLE (1959) envolve dado de temperatura e fotoperíodo.

THORNTHWAITE (1955) desenvolveu um método simples que necessitava apenas de dados de temperatura do ar. CAMARGO (1961) testou este método comparando com dados obtidos por evapotranspirômetros tendo considerado válida sua utilização para períodos mensais.

Além destes métodos que correlacionam empiricamente poucos parâmetros climáticos, onde se obteve bons resultados de evapotranspiração de referência para períodos men sais, existem outros que se estruturam em base física utilizando dados de temperatura do ar, umidade relativa, velocida de do vento, insolação, déficit de saturação do ar e energia, como os métodos de Penman, da radiação e do Tanque Classe A, mais indicados para a estimativa da evapotranspiração de refe rência DOORENBOS e KASSAM (1979).

TANNER e LEMON (1962) consideram a radiação lí quida disponível como a principal fonte de calor para a evapo transpiração, e a advecção de calor sensível ocasionada pela secagem diferencial da área circundante um dos principais fa tores de conversão desta energia líquida.

BOWEN (1926) realizou os estudos iniciais do balanço de energia sobre superfícies naturais, determinando a razão entre os fluxos de calor latente e sensível emitidos pela superfície durante o processo de evaporação em função da pressão de vapor e de temperatura. Os métodos que utilizam esta relação são agrupados como métodos do balanço de energia. PENMAN (1948) prescreveu um método para calcular a perda d'água por evaporação. A sua equação possui dois termos, um que avalia o balanço de energia e outro conhecido co mo aerodinâmico que é uma função da velocidade do ven to e do déficit de saturação do ar.

CHAPAS e REES (1963) comparando a evaporação medida no tanque Classe A com o método de Penman encontrou valores similares.

VILLA NOVA (1976) estudando a evaporação pelo método de Penman com os valores obtidos no tanque Classe A em Piracicaba, nos períodos de 1961 a 1966 encontrou os seguintes coeficientes:

- período seco (julho a setembro) - 0,76
- período úmido (outubro a junho) - 0,92
- total anual: 0,94.

ORTOLANI et alii (1966) correlacionou valores decendiais da evapotranspiração obtidos, com os estimados pelas fórmulas de Penman e de Thornthwaite verificando que o primeiro superestimou 2% e o segundo subestimou 9%.

VILLA NOVA (1973) utilizando o método do balanço de energia determinou a evapotranspiração da cultura de arroz de sequeiro obtendo valores em escala horária.

DOORENBOS e KASSAM (1979) sugerem um método modificado de Penman que corrige o efeito do vento na evapotranspiração da cultura. A única variação deste método para o original é um termo adicional dependente da relação da velocidade do vento diurna e noturna. O mesmo boletim recomenda a utilização tanto deste método como o da radiação para períodos de 10 dias.

O método da radiação solar estima a evapotranspiração em função do total de energia solar, corrigido por coeficientes que dependem da temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento e altitude.

LINACRE (1977) propôs um método que estima a evapotranspiração potencial utilizando dados de temperatura média e temperatura do ponto de orvalho.

Muitos pesquisadores tem utilizado a evaporação do tanque Classe A para estimar a irrigação de culturas. HARGREAVES (1968) propôs o seu uso. FUCHS et alii (1964) estudaram a perda d'água da cultura do algodão pelo método gravimétrico e compararam com medidas do tanque classe A, encontrando valores similares.

CHANG (1965) concluiu que o tanque de evaporação corretamente exposto ainda era o melhor método para a estimativa da evapotranspiração.

EVANS (1971) comparando a evaporação de arroz irrigado com a evaporação do tanque encontrou uma relação de 1,02.

ENCARNAÇÃO (1980) verificou que a evapotranspiração obtida pelo método do tanque Classe A entre outros métodos empregados se identifica com os valores sugeridos pela DOORENBOS e KASSAM (1979).

BARBIERI (1981) observou através da determinação dos coeficientes de cultura da cana-de-açúcar que os valores obtidos em relação a evaporação do tanque Classe A sem o coeficiente de conversão, foram os que mais concordaram com os relatados pela bibliografia.

GUKOVAS (1981) comparando a evapotração potencial estimada pelo tanque Classe A e calculada por fórmulas

empíricas no Estado de São Paulo observou que o método de Penman obteve os maiores coeficientes de correlações anuais e o comportamento dos tanques Classe A durante dois anos foi semelhante para todos os postos de observação.

Com relação ao emprego de outros tipos de evaporímetros THORNTHWAITE (1954) considera o evaporímetro de Piche inadequado para estimar a evapotranspiração potencial. STANHILL (1961) achou alta correlação entre o termo aerodinâmico da equação de Penman e a perda d'água pelo evaporímetro Piche.

WMO (1966) publicou uma série de trabalhos que comparam a evaporação Piche e do tanque Classe A. Em Israel, para o período de 1954-1960 obteve-se uma relação 1,06. Para a República Árabe Unida, no período de 1958-1962 obteve-se uma relação 0,64 quando o evaporímetro de Piche era colocado na sombra e 1,03 quando protegido em abrigo. Até o momento, muitas pesquisas tem sido desenvolvidas para se obter um evaporímetro ideal.

THORNTHWAITE (1948) construiu para suas experiências no estudo da evapotranspiração, um aparelho que chamou de evapotranspirômetro. Este modelo é de difícil utilização, produzindo grandes erros de medida se não for bem operado, além do problema das dificuldades de drenagem que impedem o bom desenvolvimento das plantas. Diversas modificações no

evapotranspirômetro original para se obter resultados cada vez mais precisos, tem sido introduzidos.

ASSIS (1978) obteve a evapotranspiração de grama batatais com bons resultados através de medidas com um evapotranspirômetro de lençol freático fixo. ENCARNAÇÃO (1980) realizou o mesmo trabalho só que com a cultura de feijão, concluindo ser viável para as determinações de consumo hídrico ideal pela simplicidade operacional e pelos resultados obtidos.

BARBIERI (1981) através do estudo do consumo hídrico de cana-de-açúcar e com o auxílio de um evapotranspirômetro, observou ser de fácil operação e manutenção, não sofrendo descontinuidade de medidas nos períodos de precipitação pluviométrica.

GORNAT et alii (1977) através comparação entre medidas de evapotranspiração em culturas de beterraba e a evaporação do tanque Classe A num período de 4 a 6 dias durante seis meses observaram que a relação entre eles foi muito variável durante o ciclo da cultura, dependendo principalmente do teor de umidade da camada superior do solo.

EKERN (1971) através da comparação entre as medidas de evapotranspiração de cana-de-açúcar pelo lisímetro e as estimadas pelo método da radiação observou que estas substimam os valores medidos devido a absorção de calor advec-tivo pela cultura.

Com relação a necessidade de água da cultura, SAXENA et alii (1971) observaram um aumento aproximado de 94%

na produção de repolho, quando o manteve numa camada de impermeabilização asfáltica a 60 cm de profundidade.

BUCKS et alii (1974) através do estudo da quantidade e eficiência da irrigação na cultura do repolho, observaram que o consumo de água da cultura foi 380 mm, sendo que o valor de coeficiente de cultura referido ao tanque Classe A variou de 0,2 na fase inicial a 1,19 na fase de pico.

Segundo THOMAS et alii (1970), a produção de repolho cresce significativamente com o acréscimo da evapotranspiração, quando a quantidade adequada de nitrogênio é aplicada, observando nestas circunstâncias um consumo de 398 mm por ciclo de verão.

DRAGLAND (1976) observou que a falta d'água antes da formação da cabeça não afeta tanto a produção e que a irrigação tem pouco efeito se o suprimento de N é pequeno.

TYURINA (1975) estudando o efeito da irrigação em alguns processos fisiológicos na cabeça do repolho observou que a irrigação aumentou a produção de 26 a 31%.

GANCHARYK et alii (1975) relata que a manutenção da água disponível em 80% através da irrigação, determina as maiores produções.

O repolho originou-se da costa Sul e Oeste da Europa, sendo sua produção anual cerca de 2 milhões de toneladas. O período de crescimento varia de 90 a 150 dias dependendo do solo, clima e variedade. Seus requerimentos de água oscilam entre 380 e 500 mm dependendo do clima e adubação. Para altas produções, a cultura requer climas

frios e úmidos, embora já existam cultivares que se adaptam às mais diferentes condições climáticas. DOORENBOS e KASSAM (1979).

WILLIAMSON et alii (1973) observaram que o máximo crescimento de repolho pode ser obtido com o nível do lençol freático entre 30 e 150 cm, dependendo do tipo de solo e de suas características físicas, verificando que o aumento de produção não foi significante mantendo-se o lençol freático a baixo de 30 cm, sendo que a 15 cm houve decréscimo de produção com clorose das folhas.

DREW (1966) pesquisando a influência do espaçamento no peso do repolho, observou que os plantios de 33 x 33, 48 x 48 e 68 x 68 cm produziram repolhos de 1,56, 2,2 e 2,9 kg, respectivamente.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material

3.1.1. Área experimental

O presente trabalho desenvolveu-se na área de pesquisa do Departamento de Ciências Ambientais, da Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu, localizado na Estação Experimental Presidente Médici, município de Botucatu, SP, com as seguintes coordenadas geográficas: latitude 22°51'S, longitude 48°26'W e altitude de 786 metros. O relevo é suavemente ondulado e a declividade do terreno menor que 2%.

3.1.2. Clima e solo

O clima do município de Botucatu classifica-se segundo o Sistema Kœppen, como Cfb transição para Cwb ou clima tropical de altitude com inverno moderadamente seco. A precipitação e a temperatura média anual são respectivamente 1290 mm e 19,4°C.

Segundo CARVALHO et alii (1983) o solo da área experimental é Terra Roxa Estruturada álica, textura argilosá, latossólica, que representa menos 1,1% da área do Estado de São Paulo (COMISSÃO DE SOLOS, 1960).

3.1.3. Características físicas e químicas do solo

A análise física do solo foi obtida do Levantamento de Solos da Fazenda Lageado de CARVALHO et alii (1983), conforme demonstra a tabela 3.1.

As características químicas do solo foram obtidas através da análise em laboratório das amostras de solo colhidas no local onde foi desenvolvido o experimento. Os resultados relativos as características químicas do solo incorporado as caixas dos evapotranspirômetros antes do primeiro e segundo plantio são demonstrados nas tabelas 3.2. e 3.3.

3.1.4. Cultivar de repolho

A cultivar de repolho escolhida foi Matsukase por permitir o cultivo durante o ano inteiro.

3.1.5. Evapotranspirômetros de nível freático constante

No experimento foram utilizados dois evapotranspirômetros de nível freático constante denominados de 1 e 2

Tabela 3.1. Características físicas do solo

Hori- zontes (cm)	Profun- didade (cm)	Resultados em porcentagem						Densidade g/cm ³
		Am 0,5 mm	Ag 1-0,5 mm	Af 0,25 mm	Amf 0,10 mm	Areia total 0,05 mm	Limo 0,02 mm	
Ap	0-20	0,6	1,8	10,9	30,1	6,6	50	15
B21	20-50	0,1	0,8	1,8	26,2	7,1	42	14
B22	50-130	0,2	0,7	7,2	25,3	6,6	40	15
B23	130-175	0,3	1,0	8,4	20,0	10,3	40	18
B3	175-200	-	0,7	8,5	21,7	4,1	42	18
							40	17
							16	13
								2,5
								1,3

FONTE: CARVALHO et alii (1983)

Tabela 3.2. Características químicas do solo das caixas antes do 1º plantio.

pH H ₂ O	matéria orgânica %	H ⁺	Al ³⁺	K ⁺	P0 ₄ ⁻³	Ca ²⁺	Mg ²⁺
		meq/100g terra					
4,80	2,068	8,48	0,48	0,960	1,238	10,750	0,978

Tabela 3.3. Características químicas do solo antes do 2º plantio

pH H ₂ O	matéria orgânica %	H ⁺	Al ³⁺	K ⁺	P0 ₄ ⁻³	Ca ²⁺	Mg ²⁺
		meq/100g terra					
5,40	1,551	5,60	0,32	0,450	0,619	5,750	0,880

(vide figuras 3.1. e 3.2.) constituídos cada um de uma caixa de cimento amianto (A), um tanque intermediário (B) e um tanque medidor (C), cujas características são as seguintes.

3.1.5.1. Caixa de cimento amianto

Caixa de cimento amianto padrão comercial, devidamente impermeabilizada, tendo lados com 1,44 e 1,21 m e altura de 0,70 m, acoplada em um dos lados na parte inferior e central por um tubo de PVC com 1" de diâmetro por intermédio do qual era interligada ao tanque intermediário através de uma mangueira de mesmo diâmetro.

3.1.5.2. Tanque intermediário

Tanque de chapa de ferro galvanizado nº 22, cilíndrico, com 0,30 m de diâmetro, altura de 0,20 m, com tampa removível e suportes de ferro com altura de 0,30 m com duas tubulações:

a) Tubulação de PVC (E) acoplada no corpo da válvula torneada em latão (V) com agulha de Teflon (F). O conjunto foi fixado no corpo do tanque por porcas internas e externas (P). Suportes de metal (M) foram acoplados à boia para acionar a agulha através da unha de ajuste (U) (vide figuras 3.3. e 3.4).

b) Tubulação de alimentação da caixa de cimento amianto (I) situada próxima ao fundo com 1 cm de diâmetro.

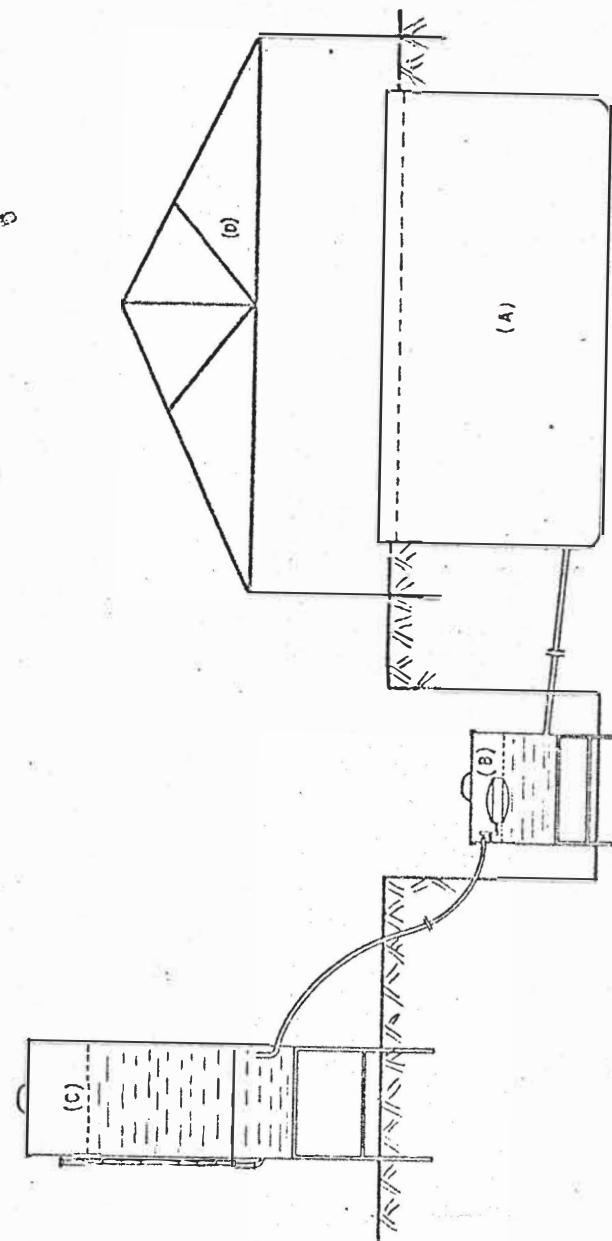


Figura 3.1. Vista geral do conjunto evapotranspirométrico.



Figura 3.2. Vista geral dos conjuntos evapotranspirométricos no campo.

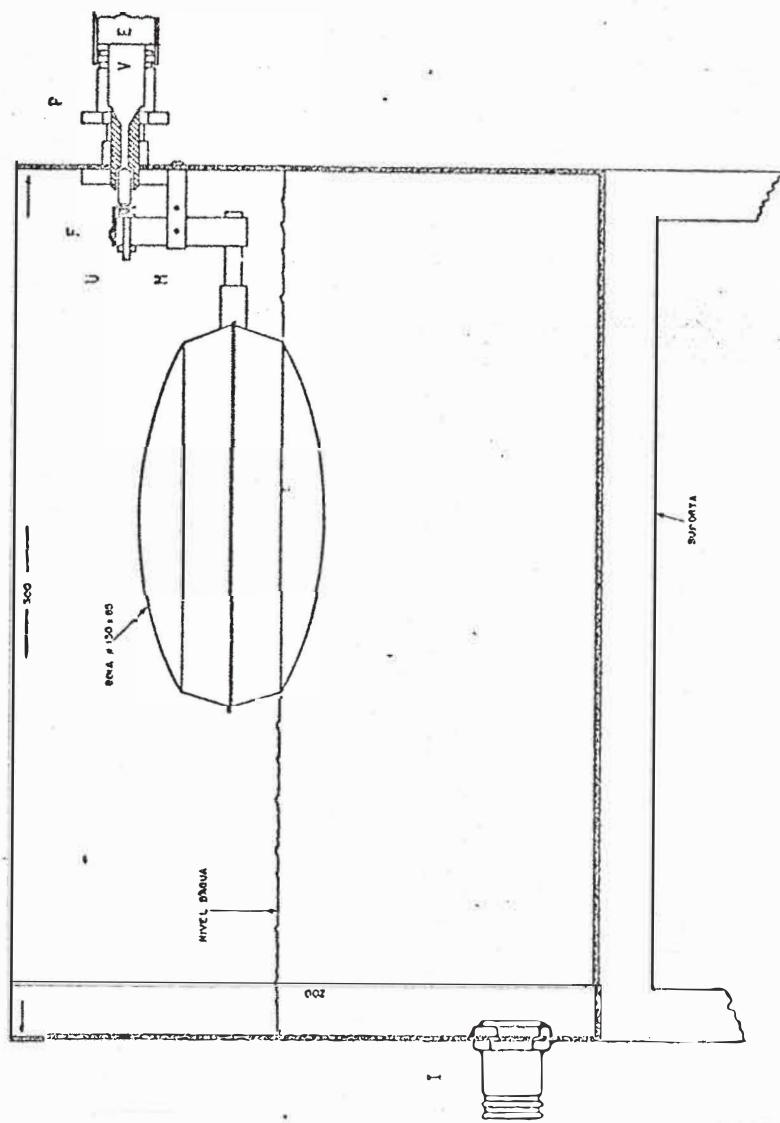


Figura 3.3. Detalhes do tanque intermediário.



Figura 3.4. Tanque intermediário.

3.1.5.3. Tanque medidor

Tanque cilíndrico com 0,27 m de diâmetro, altura de 0,70 m, de chapa de ferro galvanizada 22 com tampa removível e saídas para o tanque intermediário com 0,10 m de diâmetro e uma tomada para o tubo de nível com escala graduada, de 1 cm de diâmetro, que fornecia o volume de água requerido pela superfície evaporante. O tanque assentava-se sobre um suporte de ferro que o mantinha na altura necessária.

3.1.5.4. Cobertura das caixas

Para evitar a entrada de água pluvial, foi construída uma armação de madeira (D) conforme a figura 3.1, a qual era coberta com lona quando necessário.

3.1.6. Equipamentos complementares

Para estimativa da evapotranspiração potencial, através dos métodos preconizados no trabalho e para outras informações complementares, foram utilizados outros equipamentos instalados no posto meteorológico ao lado do campo experimental.

3.1.6.1. Tanque Classe A

Tanque cilíndrico de chapa de ferro galvanizada

do nº 22 (AWG), com 1,20 m de diâmetro e 0,25 m de profundidade, com poço tranquilizador convencional, nivelado por três parafusos e um micrômetro com precisão de medida do nível de água de até 0,02 mm. O tanque foi assentado sobre um estrado de madeira, pintado de branco, estando o fundo do tanque a 0,15m da superfície do solo.

3.1.6.2. Tanque Classe A "coberto"

O tanque classe A "coberto", com as mesmas dimensões já citadas, foi instalado sob uma cobertura de cimento amianto de 0,8 m de altura, 3,0 m de comprimento e 2,0 m de largura, permitindo assim livre circulação de ar, sem contudo estar exposto a radiação solar direta.

3.1.6.3. Pluviômetro

De fabricação Hidrologia com 0,02 m² de área de recepção instalado em suporte, estando a área de captação a 1,5 m de altura da superfície do solo.

3.1.6.4. Anemômetros

De fabricação Wilh Lambrecht KG Göttingen tipo 1440, integrador, instalado no Posto Meteorológico a 2 m de altura, e outro a 0,5 m de altura instalado sob a cobertura do Tanque Classe A.

3.1.6.5. Heliógrafo

De fabricação Wilh Lambrecht KG Göttingen tipo 1603.

3.1.6.6. Termohigrógrafo

De fabricação ISCA com rotação semanal, previamente calibrado, instalado em abrigo termométrico padrão.

3.1.6.7. Termômetros de máxima e mínima

Convencionais, sendo de mercúrio em vidro o de máxima, e álcool em vidro o de mínima, marca FUESS, previamente aferidos e instalados no abrigo meteorológico.

3.1.6.8. Evapotímetro de Piche

Modelo clássico, instalado no abrigo termométrico.

3.2. Métodos

3.2.1. Preparo do solo

No preparo do solo para plantio de verão foi efetuada a calagem com 30 dias de antecedência. A adubação utilizada foi 320 kg da fórmula 4-14-8, mais 20 kg de supersimples, sendo aplicado 160 g/cova desta mistura. No plantio de inverno foi aplicada a mesma mistura, sendo utilizado 100g /cova.

Para a introdução de caixa no solo foi aberto um buraco de dimensões pouco maiores que ela.

O solo foi retirado em camadas de 20 cm de profundidade até 60 cm, que foram amontoadas separadamente.

A caixa foi montada no local, sendo preenchida com 5 cm de pedra britada nº 1 e 5 cm de areia grossa, sendo posteriormente colocada a terra seguindo a ordem natural antes da retirada.

3.2.2. Plantio, colheita e condução do experimento

O plantio de verão foi efetuado no dia 2 de outubro de 1984, e o de inverno no dia 28 de março de 1985. As respectivas colheitas nos dias 21 de janeiro de 1985 e 7 de julho de 1985, com ciclos de duração de 98 e 100 dias, respectivamente.

O espaçamento escolhido para os evapotranspirômetros foi o mínimo viável ($0,30 \times 0,50$ m) devido ao tamanho comercial das caixas, e no campo de $0,40 \times 0,50$ m.

Plantou-se uma área de 10×18 m, perfazendo aproximadamente, 900 plantas. No centro da área instalaram-se as caixas dos evapotranspirômetros.

Durante o ciclo, os repolhos fora das caixas foram irrigados pela manhã e à tarde, diariamente.

3.2.3. Montagem dos evapotranspirômetros

Para que os conjuntos evapotranspirométricos fossem colocados em funcionamento, foram efetuadas as seguintes operações:

a) nivelamento da caixa de cimento amianto com régua e nível comum;

b) determinação de equilíbrio do tanque intermediário admitindo-se a entrada de água pela tubulação (E), com a saída (I) fechada até que terminasse a admissão de água pelo fechamento da válvula, sendo então marcado o nível na parte interna do tanque;

c) regulagem da altura de trabalho do tanque intermediário. Isto foi feito deixando-se o nível marcado na parte externa a $0,50$ m da parte superior da caixa de cimento. Desta forma condicionou-se o nível do lençol freático da caixa.

3.2.4. Aferição da escala de medida

Sendo a escala de medida dependente do diâmetro dos tanques, para sua aferição efetuou-se o seguinte teste, sendo:

V_1 = volume de água evaporada da caixa de cimento;

Δh_1 = altura da água evaporada da caixa de cimento;

S_1 = secção reta da caixa de cimento;

V_2 = volume de água escoada do tanque intermediário para manter o nível do lençol freático da caixa constante;

V_3 = volume escoado do tanque medidor para manter o nível do tanque intermediário constante;

Δh_3 = altura da água escoada do tanque medidor;

S_3 = secção reta do tanque medidor.

Admitindo-se que a unica perda d'água seja por evapotranspiração da caixa de cimento, toda vez que ela ocorrer teremos:

$$V_1 = V_2 = V_3$$

sendo,

$$V_1 = V_3$$

$$\text{ou ainda } \Delta h_1 \cdot S_1 = \Delta h_3 \cdot S_3$$

$$\text{e também } \Delta h_1 = \Delta h_3 \cdot \frac{S_3}{S_1}$$

Determinando-se as áreas $S_3 = 600 \text{ cm}^2$ (conjunto

to 1) e 602 cm^2 (conjunto 2), e $S_3 = 17.303 \text{ cm}^2$ (área das caixas) obteve-se um fator único $\frac{601}{17303} = 0,0347$. A altura lida no tanque medidor (Δh_1) era convertida em milímetros de evaporação pela expressão:

$$h_1 = 0,0347 \Delta h_3$$

3.2.5. Operação dos evapotranspirômetros

3.2.5.1. Fase inicial

Para que o sistema entrasse em operação, foi necessário que o tanque medidor fosse abastecido com água várias vezes até que por ascensão capilar o solo da caixa estivesse umidecido por fornecimento de água pelo lençol freático.

Assim que isto ocorreu, foi fornecida água para o tanque medidor até que a marcação no tubo de vidro indicasse a linha zero.

3.2.5.2. Funcionamento

O nível do lençol de água foi mantido a 45 cm da superfície do solo, nas caixas de cimento amianto.

Na ausência de evapotranspiração o nível de água do lençol permanecia constante e a válvula do tanque intermediário fechada. Quando ocorria evapotranspiração, o nível de água do lençol baixava, determinando abertura da vál-

vula, com abaixamento do nível do reservatório do tanque medidor simultaneamente.

Todas as manhãs era feita a leitura da variação de altura da coluna de água na escala do tubo de vidro, e quando necessário, o tanque medidor era alimentado zerando-se o instrumento.

3.2.5.3. Medidas de umidade

A umidade do solo das caixas foi determinada pelo método gravimétrico, de acordo com a equação:

$$U\% = \left(\frac{m_u - m_s}{m_s} \right) \cdot 100$$

onde:

$U\%$ = umidade porcento em peso (g/100g);

m_u = massa úmida (g);

m_s = massa seca após 48 horas em estufa a 105°C (g);

Os resultados encontram-se na tabela 4.10.

3.2.6. Estimativas da evapotranspiração de referência

Para estimativa da evapotranspiração de referência utilizaram-se os seguintes métodos.

3.2.6.1. Método do Tanque Classe A (ET_0A)

Como preconizam a DOORENBOS e KASSAM (1979), estimar-se a evapotranspiração de referência multiplicando-se a altura de evaporação lida no período (ECA) por um coeficiente denominado de coeficiente de tanque (K_p), que depende da velocidade do vento, umidade relativa e tamanho da bordadura, conforme tabela 8.1 do apêndice, ou seja:

$$ET_0A = K_p \times ECA,$$

onde:

ET_0A = evapotranspiração de referência estimada (mm/dia);

K_p = coeficiente de tanque

ECA = altura de evaporação lida no tanque classe A (mm/dia).

3.2.6.2. Método da Radiação Solar (ET_0R)

A evapotranspiração de referência por este método é estimada pelas equações:

$$ET_0R = C(wRs), \text{ onde:}$$

Rs = radiação solar global estimada (mm/dia);

w = coeficiente relativo ao efeito a temperatura do ar e altitude (vide tabela 8.2 do apêndice);

C = coeficiente angular de ajuste de ET_0R em função da umidade relativa e da velocidade do vento (vide figura 8.1 do apêndice).

ET_0R = evapotranspiração estimada (mm/dia).

3.2.6.3. Método de Thornthwaite (ET_0H)

Para estimar a evapotranspiração de referência pelo método de Thornthwaite utilizou-se a simplificação de cálculos elaborada por CAMARGO (1966) (vide tabela 8.3 do apêndice). O valor tabular obtido em função das temperaturas mensais e anuais foi multiplicado por um fator de ajuste ($N/12$) dependendo do valor médio do fotoperíodo ou seja,

$$ET_0H = ET_0H \text{ (Tabela)} \times N/12$$

3.2.6.4. Método de Thornthwaite modificado (ET_0H^*)

O método de Thornthwaite, pela sua simplicidade e viabilidade de aplicação (função apenas da temperatura do ar), é um dos métodos largamente utilizados na prática. De um modo geral, porém, a experiência revela que o mesmo por ser apenas uma função indireta do balanço de energia, representando pela temperatura do ar, não prevê os efeitos da velocidade do vento e do déficit de saturação do ar, função denominada de "poder evaporante do ar a sombra".

No presente método, através do estudo da correlação entre evaporação medida em um tanque classe A colocado a sombra (ECA_C), e valores simultâneos de evaporação Piche no abrigo (P_i), determinou-se uma função da forma:

$$ECA_C = aP_i + b.$$

O método prevê assim, para o método de Thornthwaite modificado (ET_0H^*), um ajuste para o efeito da velocidade do vento e déficit de saturação do ar, representado pela adição ao método clássico, de valores do pote evaporante do ar a sombra, ou seja:

$$ET_0H^* = ET_0H + Kp \text{ ECA}_C,$$

ou ainda:

$$ET_0H^* = ET_0H + Kp (aPi + b),$$

onde Kp é o clássico coeficiente de conversão evaporação/evapotranspiração, já determinado para o tanque classe A (vide Tabela 8.1 - apêndice)

3.2.6.5. Método de Penman (ET_0P)

O método de Penman, compreende as seguintes equações:

$$ET_0P = wRn + (1-w) Ea, \text{ onde}$$

$$Rn = Qs - QL, \text{ sendo}$$

$$Rn = \text{radiação líquida média do período (mm/dia)};$$

$$Qs = \text{balanço da onda curta no período (mm/dia) definida por:}$$

$$Qs = Q_0 (a + b \frac{n}{N}) (1 - r), \text{ sendo}$$

$$Q_0 = \text{energia extra-terrestre no período (mm/dia)};$$

a e b = coeficientes de regressão determinados por Tubelis (1976) para o município de Botucatu;

r = poder refletor da cultura (tomado como 0,2).

Q_L = balanço de onda longa no período (mm/dia) definido por:

$$Q_L = \sigma T_a^4 (0,56 - 0,09\sqrt{e}) (0,1 + 0,9 \frac{n}{N}), \text{ sendo:}$$

σ = constante de Stefan Boltzman ($19,94 \times 10^{-10} \text{ mm}/\text{°K}^4 \cdot \text{dia}$);

T_a = temperatura média do ar (°K);

e = tensão de vapor (mm Hg);

n/N = razão de insolação;

w = coeficiente relativo ao efeito da temperatura e altitude (vide tabela 8.2. do apêndice);

Ea = Poder evaporante do ar a sombra (mm/dia), estirnado pela equação:

$$Ea = 0,35 \left(1 + \frac{U}{T_60}\right) \Delta e, \text{ onde:}$$

U = velocidade do vento a 2m de altura (km/dia);

Δe = déficit de saturação do ar (mm Hg)

3.2.6.6. Método de Penman modificado ($ET_0 P^*$)

No presente trabalho a modificação introduzida consistiu em substituir o termo aerodinâmico $(1-w) Ea$ pela função que expressa a evaporação do tanque classe A coberto (EC_{AC}) em termos do evaporímetro de Piche. Obteve-se uma equação do tipo:

$$ET_0 P^* = wRn + K_p (aP_i + b).$$

3.2.6.7. Método de Linacre (ET_0L)

A evapotranspiração de referência, no método de Linacre é expressa pela função:

$$ET_0L = \frac{\frac{500}{(100-a)} T_m + 15(T-T_d)}{80 - T}$$

O significado dos termos é o seguinte:

T = temperatura média do período ($^{\circ}\text{C}$);

T_d = temperatura do ponto de orvalho ($^{\circ}\text{C}$);

A = latitude em graus e décimos;

$T_m = T + 0,006 h$;

h = altitude em metros.

3.2.7. Estimativa do coeficiente de cultura (K_c)

3.2.7.1. Considerações gerais

O coeficiente de cultura K_c , segundo DOORENBOS e PRUITT (1975) refere-se ao quociente entre a evapotranspiração de uma cultura, sem limitações de água, em cada estágio de crescimento (ET), sob ação de determinadas condições climáticas, e a evapotranspiração potencial ou de referência estimada (ET_0), ou seja:

$$K_c = \frac{ET}{ET_0}$$

O valor de ET representa assim a "demanda climática ideal" de água para cada estágio de desenvolvimento cultural. Como a estimativa de ET_0 , é realizada por diferentes métodos conforme a disponibilidade de informações climáticas existentes, o coeficiente de cultura (K_c) deve ser referido ao método que deu origem à estimativa da evapotranspiração de referência (ET_0).

No presente trabalho a demanda climática ideal (ET_0), consistiu-se da evapotranspiração medida pelos conjuntos evapotranspirométricos. No plantio de verão, devido a boa concordância dos valores de ET obtidas nos dois evapotranspirômetros utilizou-se o valor médio como representativo. No plantio de inverno todavia, ocorreu uma obstrução no tubo que ligava o tanque intermediário da caixa do evapotranspirômetro, determinando-se restrições na retirada de água pelas plantas de repolho. Assim sendo, o valor de inverno de ET ficou representado apenas pela demanda climática do segundo evapotranspirômetro.

3.2.7.2. Simbologia adotada

Para representar os vários valores de evapotranspiração e coeficientes de cultura, adotou-se a seguinte simbologia:

ET_v = valor representativo da demanda climática ideal de água do repolho na estação de verão, ou seja,

$$ET_v = \frac{ET_1 + ET_2}{2} \quad (\text{Valor médio por décadas});$$

ET_1 e ET_2 = demanda climática ideal de água do repolho, medida pelos evapotranspirômetros (1) e (2) (valor médio por décadas);

ET_i = valor representativo da demanda climática ideal de água de repolho na estação de inverno (valor médio por décadas). No caso presente correspondeu aos valores de ET_2 ;

K_L , K_a , K_r = coeficientes de cultura relativos aos métodos de K_t , K_t^* , K_p , Linacre, tanque classe A, radiação solar, Thornthwaite, Thornthwaite modificado, Penman e Penman modificado.

Para condições de verão ou inverno adicionam-se as letras v ou i.

3.2.8. Avaliação da produção

Com o objetivo de avaliar o comportamento final da cultura, foram pesados os repolhos cultivados nos evapotranspirômetros e comparados com o peso médio de 10 repolhos colhidos aleatoriamente no campo nas duas épocas de plantio (Tabela 4.9).

4. RESULTADOS OBTIDOS

4.1. Valores diários coletados

Nos quadros 8.1 a 8.8 do apêndice demonstram-se os dados diários coletados durante todo o experimento nas duas épocas de plantio.

4.2. Valores médios coletados por décadas

No quadro 4.1 são demonstrados os valores médios por décadas de evapotranspiração medida, e dos dados meteorológicos em geral, observados nos plantios de verão, e de inverno.

4.3. Estimativas da evapotranspiração de referência

Nos quadros de 4.2 a 4.8 encontram-se os dados de evapotranspiração de referência e de coeficiente de cultura, estimados por cada método considerado, assim como os dados complementares necessários para os cálculos.

4.4. Peso médio dos repolhos

São demonstrados no quadro 4.9.

4.5. Condições de umidade dentro dos evapotranspirômetros

São demonstrados no quadro 4.10.

Quadro 4.1. Valores médios deceniais de evapotranspiração e evaporação de tanque e dados climáticos.

(plantio de verão)

Década	ET ₁	ET ₂	ECA _C	ECA	T	UR	P	Pi	n	U
(1)	2,44	2,32	2,66	5,42	21,1	70	9,0	4,67	7,64	122,3
(2)	4,19	3,54	4,05	7,36	23,3	60	0,0	7,06	10,03	134,4
(3)	4,85	4,58	3,91	7,07	24,2	69	5,0	5,96	7,75	119,7
(4)	4,78	4,47	2,27	5,41	19,8	74	25,0	4,08	8,04	123,6
(5)	6,28	6,10	2,54	6,43	22,3	73	23,0	4,36	8,72	108,1
(6)	4,70	4,84	2,02	4,90	21,9	80	10,6	3,32	5,97	87,4
(7)	4,35	4,18	1,78	4,40	21,1	78	91,7	3,39	5,02	91,7
(8)	4,53	4,72	2,02	4,56	21,9	75	26,8	3,46	4,68	73,1
(9)	4,56	4,26	2,02	4,44	21,2	79	55,4	3,32	7,42	96,7
(10)	6,29	5,50	2,26	5,60	22,2	73	3,9	4,03	8,94	78,2

Décadas: (1) 13/10-22/10; (2) 23/10-1/11; (3) 2/11-11/11; (4) 12/11-21/11;
 (5) 22/11-1/12; (6) 2/12-11/12; (7) 12/12-21/12; (8) 22/12-31/12;
 (9) 1/1-10/1; (10) 11/1-18/1

(plantio de inverno)

Década	ET _{1i}	ET _{2i}	ECA _C	ECA	T	UR	P	Pi	n	U
(1)	2,14	2,28	1,50	4,94	23,1	79	71,6	3,03	7,71	70,3
(2)	2,28	2,39	1,35	3,79	21,8	82	50,9	2,52	7,57	104,1
(3)	2,73	3,04	1,59	3,12	18,9	76	12,1	3,18	6,09	98,7
(4)	3,22	4,10	1,70	3,31	17,7	71	17,5	3,50	8,13	87,1
(5)	3,64	4,68	2,06	3,43	17,6	68	4,4	4,23	8,72	80,1
(6)	3,23	3,89	1,46	3,00	18,3	75	60,4	3,08	8,17	68,9
(7)	3,02	3,72	1,61	2,74	15,2	74	15,8	3,24	7,51	95,5
(8)	3,18	3,87	2,07	2,85	13,7	65	1,4	4,19	8,50	78,2
(9)	3,47	4,11	1,86	2,86	17,5	72	0,0	3,77	8,23	97,7
(10)	3,11	3,67	1,98	2,96	17,1	69	11,0	3,75	7,47	70,9

Décadas: (1) 30/3-8/4; (2) 9/4-18/4; (3) 19/4-28/4; (4) 29/4-8/5;
 (5) 9/5-18/5; (6) 19/5-28/5; (7) 29/5-7/6; (8) 8/6-17/6;
 (9) 18/6-27/6; (10) 26/6-7/7.

Significado dos símbolos:

ET (evapotranspiração - mm/dia); ECA (evaporação do tanque classe A; mm/dia); ECA_C (evaporação do tanque classe A coberto, mm/dia); T (temperatura média do ar, °C); UR (umidade relativa média, %); P (chuva, mm); Pi (evaporação Piche, cm³); n (horas de insolação); e U (velocidade do vento, km/dia).

Quadro 4.2. Valores de evapotranspiração de referência estimados segundo o método do tanque classe A (ET_{0A}), demanda climática ideal (ET) e coeficientes de cultura correspondentes (K_c) (valores médios por décadas).

(plantio de verão)

Década	U (km/dia)	UR (%)	K _p	ECA (mm/dia)	ET _{0Av} (mm/dia)	ET _v (mm/dia)	K _{av}
(1)	122	70	0,85	5,42	4,61	2,38	0,52
(2)	134	60	0,85	7,36	6,30	3,86	0,61
(3)	119	69	0,85	7,07	6,00	4,71	0,78
(4)	123	74	0,85	5,41	4,60	4,62	1,00
(5)	108	73	0,85	6,43	5,47	6,19	1,13
(6)	87	80	0,85	4,90	4,17	4,77	1,14
(7)	92	78	0,85	4,40	3,74	4,26	1,14
(8)	73	75	0,85	4,56	3,89	4,62	1,19
(9)	97	79	0,85	4,44	3,77	4,41	1,17
(10)	78	73	0,85	5,60	4,76	5,89	1,24

(plantio de inverno)

Década	U (km/dia)	UR (%)	K _p	ECA (mm/dia)	ET _{0Ai} (mm/dia)	ET _i (mm/dia)	K _{ai}
(1)	60,4	79	0,85	4,94	4,20	2,28	0,54
(2)	66,8	82	0,85	3,79	3,22	2,39	0,74
(3)	42,1	76	0,85	3,12	2,65	3,04	1,15
(4)	65,1	71	0,85	3,31	2,81	4,10	1,46
(5)	52,8	68	0,85	3,43	2,90	4,68	1,61
(6)	43,8	75	0,85	3,00	2,55	3,89	1,52
(7)	49,9	74	0,85	2,74	2,38	3,72	1,60
(8)	46,4	65	0,85	2,85	2,42	3,87	1,60
(9)	53,7	72	0,85	2,86	2,43	4,11	1,69
(10)	50,7	69	0,85	2,96	2,52	3,67	1,45

Quadro 4.3. Valores de evapotranspiração de referência estimados segundo o método da radiação solar (ET_0R), demanda climática ideal (ET) e coeficientes de cultura correspondentes (K_r) (valores médios por décadas).

(plantio de verão)

Década	T (°C)	w	Rs (mm/dia)	wRs (mm/dia)	UR (%)	U (km/dia)	ET _{0Rv} (mm/dia)	ET _v (mm/dia)	K _{rv}
(1)	21,1	0,715	7,89	5,64	70	122,0	4,6	2,38	0,52
(2)	23,3	0,736	9,21	6,80	60	134,0	5,7	3,86	0,68
(3)	24,2	0,755	8,68	6,55	69	119,0	5,5	4,71	0,86
(4)	19,8	0,705	8,75	6,16	74	123,0	4,4	4,62	1,05
(5)	22,3	0,735	9,02	6,63	73	108,0	5,0	6,19	1,23
(6)	21,9	0,725	7,59	5,50	80	87,0	4,0	4,77	1,19
(7)	21,1	0,715	7,19	5,14	78	92,0	3,8	4,26	1,12
(8)	21,9	0,725	7,05	5,11	75	73,0	3,8	4,62	1,21
(9)	21,2	0,716	8,33	5,96	79	97,0	4,6	4,41	0,96
(10)	22,2	0,733	9,05	6,63	73	78,0	5,0	5,89	1,18

(plantio de inverno)

Década	T (°C)	w	Rs (mm/dia)	wRs (mm/dia)	UR (%)	U (mm/dia)	ET _{0Ri} (mm/dia)	ET _i (mm/dia)	K _{ri}
(1)	23,1	0,736	6,39	4,70	79	58,7	3,2	2,28	0,71
(2)	21,8	0,724	6,44	4,66	82	65,6	3,1	2,39	0,77
(3)	18,9	0,692	5,86	4,06	76	41,5	2,8	3,04	1,08
(4)	17,7	0,675	5,64	3,81	71	62,3	2,6	4,10	1,58
(5)	17,6	0,674	5,86	3,95	68	51,8	3,0	4,68	1,56
(6)	18,3	0,683	5,65	3,86	75	43,2	2,6	3,89	1,50
(7)	15,2	0,643	5,21	3,35	74	48,4	2,2	3,72	1,69
(8)	13,7	0,628	5,61	3,52	65	44,9	2,7	3,87	1,43
(9)	17,5	0,672	5,50	3,70	72	52,7	2,4	4,11	1,71
(10)	17,1	0,670	5,65	3,79	69	50,1	2,9	3,67	1,27

Quadro 4.4. Valores de evapotranspiração de referência estimados segundo o método de Thornthwaite (ET_0H), demanda climática ideal (ET) e coeficientes de cultura correspondentes (K_t) (valores médios por décadas).

(período de verão)

Década	T _a (°C)	ET'H (mm/dia)	N/12	ET _{0Hv} (mm/dia)	ET _v (mm/dia)	K _{t v}
(1)	21,1	2,8	1,05	2,94	2,38	0,80
(2)	23,3	3,6	1,07	3,85	3,86	1,00
(3)	24,2	3,7	1,09	4,03	4,71	1,17
(4)	19,8	2,5	1,10	2,75	4,62	1,68
(5)	22,3	3,2	1,11	3,55	6,19	1,74
(6)	21,9	3,1	1,11	3,44	4,77	1,39
(7)	21,1	2,8	1,13	3,16	4,26	1,35
(8)	21,9	3,1	1,13	3,50	4,62	1,32
(9)	21,2	2,8	1,13	3,16	4,41	1,39
(10)	22,2	3,2	1,11	3,55	5,89	1,66

(período de inverno)

Década	T _a (°C)	ET'H (mm/dia)	N/12	ET _{0H_i} (mm/dia)	ET _i (mm/dia)	K _{t i}
(1)	23,1	3,4	0,98	3,33	2,28	0,68
(2)	21,8	3,1	0,98	3,04	2,39	0,79
(3)	18,9	2,3	0,96	2,21	3,04	1,38
(4)	17,7	2,0	0,94	1,88	4,10	2,19
(5)	17,6	1,9	0,93	1,77	4,68	2,64
(6)	18,3	2,2	0,92	2,02	3,89	1,93
(7)	15,2	1,4	0,91	1,27	3,72	2,93
(8)	13,7	1,2	0,90	1,08	3,87	3,58
(9)	17,5	1,9	0,90	1,71	4,11	2,40
(10)	17,5	1,9	0,91	1,73	3,67	2,12

Quadro 4.5. Valores de evapotranspiração de referência estimados segundo o método de Thornthwaite modificado (ET_0H^*), demanda climática ideal (ET) e coeficientes de cultura correspondentes ($K_{t,i}^*$) (valores médios por década).

(período de verão)

Década	ET_0H (mm/dia)	P_i (cm ³)	K_p	ET_0H_V (mm/dia)	ET_V (mm/dia)	$K_{t,V}^*$
(1)	2,94	4,67	0,85	5,27	2,38	0,45
(2)	3,85	7,06	0,85	7,45	3,86	0,52
(3)	4,03	5,96	0,85	7,05	4,71	0,67
(4)	2,75	4,06	0,85	4,76	4,02	0,97
(5)	3,55	4,36	0,85	5,72	6,19	1,08
(6)	3,44	3,32	0,85	5,05	4,77	0,94
(7)	3,16	3,39	0,85	4,81	4,26	0,89
(8)	3,50	3,46	0,85	5,16	4,62	0,90
(9)	3,16	3,32	0,85	4,78	4,91	0,92
(10)	3,55	4,03	0,85	5,54	5,89	1,06

(período de inverno)

Década	ET_0H (mm/dia)	P_i (cm ³)	K_p	$ET_0H_V^*$ (mm/dia)	ET_i (mm/dia)	$K_{t,i}^*$
(1)	3,33	3,03	0,85	4,44	2,28	0,51
(2)	3,04	2,52	0,85	3,95	2,39	0,60
(3)	2,21	3,18	0,85	3,38	3,04	0,30
(4)	1,88	3,50	0,85	3,18	4,10	1,29
(5)	1,77	4,23	0,85	2,35	4,68	1,40
(6)	2,02	3,08	0,85	3,35	3,89	1,16
(7)	1,27	3,24	0,85	2,47	3,72	1,51
(8)	1,08	4,12	0,85	2,47	3,87	1,51
(9)	1,71	3,77	0,85	3,11	4,11	1,32
(10)	1,73	3,75	0,85	3,73	3,67	1,17

Quadro 4.6. Valores de evapotransporação de referência estimados segundo o método de Penman (ET_{0P}), demanda climática (ET) e coeficientes de cultura correspondentes (Kp) (valores médios por décadas).

(plantio de verão)

Década	\bar{B}_{OC} (mm/dia)	\bar{B}_{OL} (mm/dia)	Rn (mm/dia)	w	Ea (mm/dia)	ET_{0R} (mm/dia)	ET_y (mm/dia)	Kpv
(1)	6,31	2,24	4,07	0,715	3,78	3,30	2,38	0,61
(2)	7,37	2,91	4,46	0,736	5,52	4,74	3,86	0,81
(3)	6,94	2,00	4,94	0,765	4,30	4,77	4,71	0,99
(4)	7,00	2,22	4,78	0,705	2,80	4,20	4,62	1,10
(5)	7,21	1,61	5,60	0,727	3,40	5,00	6,19	1,24
(6)	6,07	1,52	4,55	0,724	2,13	3,88	4,77	1,23
(7)	5,75	0,81	4,94	0,715	2,27	4,13	4,26	1,03
(8)	5,64	1,33	4,31	0,724	2,51	3,81	4,62	1,21
(9)	6,67	1,87	4,80	0,716	2,22	4,07	4,41	1,08
(10)	7,24	2,27	4,97	0,725	2,82	4,37	5,89	1,34

(plantio de inverno)

Década	\bar{B}_{OC} (mm/dia)	\bar{B}_{OL} (mm/dia)	Rn (mm/dia)	w	Ea (mm/dia)	ET_{0Pi} (mm/dia)	ET_i (mm/dia)	Kpi
(1)	5,06	1,96	3,10	0,730	2,13	2,83	2,21	0,78
(2)	5,12	2,05	3,07	0,724	1,75	2,70	2,33	0,86
(3)	4,70	2,01	2,69	0,695	1,73	2,40	2,88	1,20
(4)	4,55	2,16	2,39	0,680	2,17	2,36	3,66	1,55
(5)	4,76	3,08	1,68	0,679	2,24	1,85	4,16	2,25
(6)	4,63	2,75	1,88	0,684	1,31	1,69	3,56	2,10
(7)	4,14	2,78	1,36	0,665	1,54	1,42	3,37	2,37
(8)	4,49	3,47	1,02	0,630	1,35	1,15	3,52	3,06
(9)	4,40	2,94	1,46	0,680	1,96	1,63	3,79	2,16
(10)	4,52	2,77	1,75	0,660	1,60	1,70	3,39	1,99

Quadro 4.7. Valores de evapotranspiração de referência estimados segundo o método de Penman modificado (ET_0P^*), demanda climática ideal (ET) e coeficientes de cultura correspondentes (K_p) (valores médios por décadas).

(período de verão)

Década	Rn (mm/dia)	w	Kp	Pi (cm ³ /dia)	ET ₀ P _v (mm/dia)	ET _v (mm/dia)	K _{Pv} [*]
(1)	4,07	0,715	0,85	4,67	5,15	2,38	0,46
(2)	4,46	0,736	0,85	7,06	6,87	3,86	0,56
(3)	4,94	0,745	0,85	5,96	6,65	4,71	0,71
(4)	4,78	0,705	0,85	4,06	5,27	4,62	0,88
(5)	5,60	0,727	0,85	4,36	6,14	6,19	1,01
(6)	4,55	0,724	0,85	3,32	4,77	4,77	1,00
(7)	4,94	0,715	0,85	3,39	5,05	4,26	0,81
(8)	4,31	0,724	0,85	3,46	4,68	4,62	0,99
(9)	4,80	0,716	0,85	3,32	4,60	4,41	0,95
(10)	4,97	0,725	0,85	4,03	5,48	5,89	1,07

(período de inverno)

Década	Rn (mm/dia)	w	Kp	Pi (cm ³ /dia)	ET ₀ P _i [*] (mm/dia)	ET _i (mm/dia)	K _{Pi} [*]
(1)	3,10	0,730	0,85	3,03	3,62	2,28	0,63
(2)	3,07	0,724	0,85	2,52	3,26	2,39	0,73
(3)	2,69	0,695	0,85	3,18	3,23	3,04	0,94
(4)	2,39	0,680	0,85	3,50	3,22	4,10	1,27
(5)	1,68	0,679	0,85	4,23	3,14	4,69	1,49
(6)	1,88	0,684	0,85	3,08	2,64	3,89	1,47
(7)	1,36	0,665	0,85	3,24	2,34	3,72	1,59
(8)	1,02	0,630	0,85	4,19	2,61	3,87	1,48
(9)	1,46	0,680	0,85	3,77	2,73	4,11	1,50
(10)	1,75	0,660	0,85	3,75	2,88	3,67	1,27

Quadro 4.8. Valores de evapotranspiração de referência estimados pelo método de Linacre (ET_0L), demanda climática ideal (ET) e coeficientes de cultura correspondentes (K_L) (valores médidos por décadas).

(período de verão)

Década	T (°C)	Tm (°C)	UR (%)	e (mm Hg)	Td (°C)	ET_0L_v (mm/dia)	ETv (mm/dia)	K_{Lv}
(1)	21,1	25,8	70	13,13	15,4	4,29	2,38	0,48
(2)	23,3	28,0	60	12,87	15,1	5,37	3,86	0,72
(3)	24,2	28,9	69	15,63	18,1	5,00	4,71	0,94
(4)	19,8	24,5	74	12,81	15,0	3,83	4,62	1,20
(5)	22,3	27,0	73	14,73	17,2	4,90	6,19	1,41
(6)	21,9	26,6	80	15,76	18,3	3,89	4,71	1,23
(7)	21,1	25,8	78	14,64	17,1	3,86	4,26	1,10
(8)	21,9	26,6	75	14,78	17,3	4,15	4,62	1,11
(9)	21,2	25,9	79	14,91	17,4	3,82	4,41	1,15
(10)	22,2	26,9	63	14,65	17,1	4,34	5,89	1,36

(período de inverno)

Década	T (°C)	Tm (°C)	UR (%)	e (mm Hg)	Td (°C)	ET_0L_i (mm/dia)	ETi (mm/dia)	K_{Li}
(1)	23,1	27,8	79	16,64	19,2	4,19	2,28	0,54
(2)	21,8	26,5	82	16,06	18,6	3,78	2,39	0,63
(3)	18,9	23,6	76	12,44	14,6	3,56	3,04	0,85
(4)	17,7	22,4	71	10,78	12,4	3,61	4,10	1,14
(5)	17,6	22,3	68	10,26	11,6	3,76	4,68	1,24
(6)	18,3	23,0	75	11,82	13,8	3,50	3,89	1,11
(7)	15,2	18,0	74	9,58	10,6	3,05	3,72	1,22
(8)	13,7	18,4	65	7,15	6,3	3,48	3,87	1,11
(9)	17,5	22,2	72	10,80	12,4	3,53	4,11	1,16
(10)	17,1	21,8	69	10,08	11,4	3,60	3,67	1,02

Quadro 4.9. Peso médio dos repolhos colhidos (g).

Local	Época de verão	Época de inverno
Evapotranspirômetro (1)	2031,8	1520,4
Evapotranspirômetro (2)	1934,8	2095,0
Cultura	2096,0	2191,0

Quadro 4.10. Condições de umidade (%) dentro das caixas dos evapotranspirômetros, medidas no início de cada ciclo.

	Plantio de verão			Plantio de inverno		
Profundidade (cm)	10	20	30	10	20	30
U% (caixa 1)	33,03	32,85	32,60	14,43	20,12	26,08
U% (caixa 2)	28,14	30,30	30,02	22,09	24,51	31,24

5. DISCUSSÃO

5.1. Métodos de avaliação de evapotranspiração de referência

5.1.1. Estimativa do poder evaporante do ar a sombra em função da evaporação Piche

No presente trabalho para estimativa da evapotranspiração de referência procurou-se utilizar métodos de eficiência comprovada como o de Penman, da Radiação Solar e do tanque Classe A, recomendados por DOORENBOS e KASSAM (1975) pela sua viabilidade de aplicação como o de THORNTHWAITE (1948) e de LINACRE (1967) que estimam a evapotranspiração apenas com temperaturas e elementos de clima habitualmente disponíveis. É fato reconhecido que, as prováveis fontes de erro ocorrentes nestes métodos, são devidas, ou pela ausência de uma função que avalie a influência do vento e do déficit de saturação do ar no processo de evapotranspiração, ou pelo uso de funções inadequadas para nossas condições climáticas.

Admite-se que a equação de Penman (1948), é a que melhor explica fisicamente o fenômeno da evapotranspiração. Por esta equação, quando o balanço de energia radiante sobre o sistema for nulo ($R_n \approx 0$), a evaporação/evapotranspiração dependerá apenas do termo $(1-w)E_a$, que é função exclusivamente da velocidade do vento e do déficit de saturação do ar, tecnicamente denominado de poder evaporante do ar a sombra". Procurando-se estimar empiricamente o poder evaporante do ar a sombra, ponderou-se que o mesmo seria bem representado pela evaporação de um tanque "Classe A" coberto (ECA_c). A exemplo do que fizeram STANHILL (1961) e TUBELIS et alii (1981), procurou-se a correlação entre ECA_c x Piche. No quadro 5.1, são relatados os valores simultâneos destes dois elementos e da regressão entre os mesmos.

Pelos resultados, assumiu-se que com boa aproximação pode-se estimar o valor da função poder evaporante do ar a sombra pela expressão:

$$ECA_c = 0,662 \pi - 0,449$$

5.1.2. Modificações introduzidas nos métodos de Thorntwaite e Penman

5.1.2.1. Método de Thorntwaite modificado ($ET_0 H^*$)

Conforme se relatou anteriormente, a modificação constituiu-se simplesmente em adicionar-se ao método de

Quadro 5.1. Regressão entre os valores médios do tanque classe A coberto ($ECAC$) e a evaporação Piche correspondente (P_i).

Década	$ECAC$ (mm/dia)	P_i (cm ³ /dia)	ÉPOCA DE INVERNO			REGRESSÃO LINEAR ($y = ax + b$)		
			Década	$ETCAC$ (mm/dia)	P_i (cm ³ /dia)	Época	a	b
(1)	2,66	4,67	(1)	1,50	3,03			
(2)	4,05	7,06	(2)	1,35	2,52			
(3)	3,91	5,96	(3)	1,59	3,18	Verão	0,6235	-0,1674
(4)	2,27	4,06	(4)	1,70	3,50			
(5)	2,54	4,36	(5)	2,06	4,23			
(6)	2,02	3,32	(6)	1,46	3,08	Inverno	0,4674	0,1058
(7)	1,78	3,39	(7)	1,61	3,24			
(8)	2,02	3,46	(8)	2,07	4,19			
(9)	2,02	3,32	(9)	1,86	3,77	Verão inverno	0,6617	-0,4493
(10)	2,26	4,03	(10)	1,98	3,75			

Thorntwaite a expressão de estimativa do poder evaporante do ar a sombra (ECA_C), multiplicado pelo coeficiente de tanque (K_p), ou seja:

$$ET_0H^* = ET_0H + K_pECA_C, \text{ ou ainda:}$$

$$ET_0H^* = ET_0 + K_p(0,622 Pi - 0,449).$$

5.1.2.2. Método de Penman modificado (ET_0P^*)

De acordo com as considerações realizadas no capítulo 3,2, a modificação constituiu-se em substituir a função $(1-w)Ea$, pelo poder evaporante do ar a sombra, ou seja:

$$ET_0P^* = wRn + K_pECA_C, \text{ ou ainda:}$$

$$ET_0P^* = wRn + K_p(0,622Pi - 0,449).$$

5.1.3. Avaliação da eficiência dos métodos de estimativa da evapotranspiração de referência

De acordo com a evapotranspiração de referência obtida pelos diferentes métodos propostos, resumidos nos quadros 5.2 e 5.3 e figuras 5.1 e 5.2 observou-se que existe uma certa variabilidade nos valores estimados.

Assumindo-se que o método do Tanque Classe A obtém os dados mais próximos da realidade como demonstra a experimentação, conduziu-se um estudo de regressão entre es-

Quadro 5.2. Valores de evapotranspiração de referência estimados pelos diferentes métodos (período de verão e inverno).

Década	ETA	ETL	ETR	ETP	ETH	ETH*	ETP*
Período de verão	(1) 4,61	4,29	4,60	3,89	2,94	5,27	5,15
	(2) 6,30	5,37	5,70	4,76	3,85	7,45	6,87
	(3) 6,00	5,00	5,50	4,90	4,03	7,05	6,65
	(4) 4,60	3,83	4,40	4,14	2,75	4,76	5,27
	(5) 5,47	4,40	5,00	4,98	3,55	5,72	6,14
	(6) 4,17	3,89	4,00	3,84	3,44	5,05	4,77
	(7) 3,74	3,96	3,80	4,13	3,16	4,81	5,05
	(8) 3,88	4,15	3,80	3,78	3,50	5,16	4,68
	(9) 3,77	3,82	4,60	4,02	3,16	4,78	4,60
	(10) 4,76	4,34	5,00	4,34	3,55	5,54	5,48
Período de inverno	(1) 4,20	4,19	3,20	2,83	3,33	4,44	3,62
	(2) 3,22	3,78	3,10	2,70	3,04	3,95	3,25
	(3) 2,65	3,56	2,80	2,40	2,21	3,38	3,23
	(3) 2,81	3,61	2,60	2,36	1,88	3,18	3,22
	(5) 2,90	3,76	3,00	1,85	1,77	3,35	3,14
	(6) 2,55	3,50	2,60	1,69	2,02	3,35	2,64
	(7) 2,33	3,05	2,20	1,42	1,27	2,47	2,34
	(8) 2,42	3,48	2,70	1,15	1,08	2,65	2,61
	(9) 2,43	3,53	2,40	1,63	1,71	3,11	2,73
	(10) 2,52	3,60	2,90	1,70	1,73	3,13	2,88

Quadro 5.3. Regressões $\text{ETA}_0 \times$ diferentes métodos de estimativa de evapotranspiração de referência (período de verão e inverno).

Regressão	a	b	r
$\text{ET}_0\text{A} \times \text{ET}_0\text{L}$	2,1228	-4,6199	0,9328***
$\text{ET}_0\text{A} \times \text{ET}_0\text{R}$	1,0733	-1,1994	0,9510***
$\text{ET}_0\text{A} \times \text{ET}_0\text{P}$	0,8860	0,9972	0,9200***
$\text{ET}_0\text{A} \times \text{ET}_0\text{H}$	1,1967	0,5377	0,8772***
$\text{ET}_0\text{A} \times \text{ET}_0\text{H}^*$	0,8643	-0,0625	0,9707***
$\text{ET}_0\text{A} \times \text{ET}_0\text{P}^*$	0,8369	0,2375	0,9657***

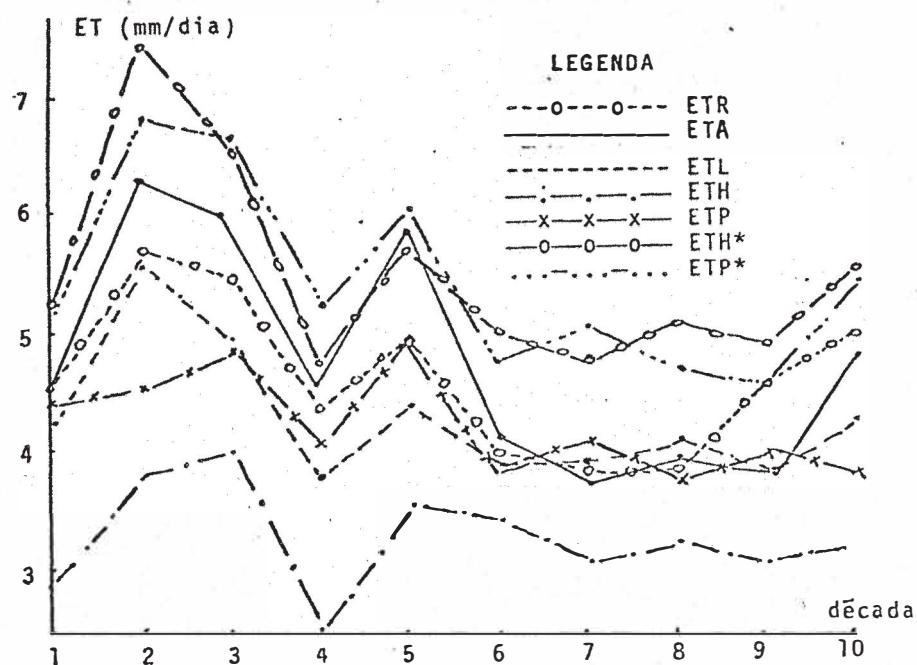


Gráfico 5.1 - Representação gráfica dos valores de evapotranspiração de referência estimados pelos diferentes métodos (período de verão).

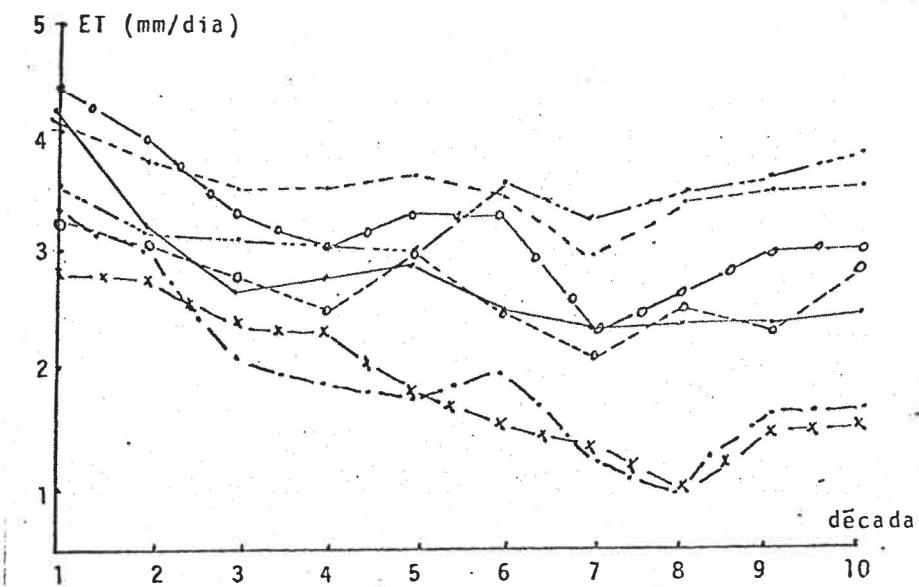


Gráfico 5.2 - Representação gráfica dos valores de evapotranspiração de referência estimados pelos diferentes métodos (período de inverno).

te método tomado como padrão e os outros. Pelos dados dos quadros 5.2 e 5.3, pode-se atribuir, em função dos coeficientes de correlação obtidos, uma melhor precisão de estimativas para os métodos modificados de Penman (ET_0P^*) e Thornthwaite (ET_0H^*), quando se consideram os dados conjuntos das épocas de verão e inverno.

5.2. Relativo aos valores do coeficiente de cultura

No quadro 5.4 que se segue são resumidos os valores dos coeficientes de cultura, relativos a cada método de estimativa da evapotranspiração de referência utilizado neste trabalho, também aqueles propostos pela FAO (1979).

Primeiramente nota-se uma grande variabilidade entre estes coeficientes. Pode-se ver também que os valores do período de inverno são sempre maiores do que os de verão. No trabalho da FAO (1979) não se faz nenhuma alusão a épocas, de onde se conclui que sua validade é para todo período anual. Comparando somente os valores de verão, nota-se que existe uma razoável concordância com os coeficientes, FAO (1979), com excessão daqueles estimados pelo método de Thornthwaite. Pode-se observar também que os coeficientes do período de inverno são bem mais elevados que os de verão para todos os métodos, o que nos sugere que não se pode utilizar um coeficiente

Quadro 5.4. Valores dos coeficientes de cultura referidos aos métodos considerados e o proposto pela FAO (1979)

Método	Decad.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
	Coeff.										
TANQUE	Kav	0,52	0,61	0,78	1,00	1,13	1,14	1,19	1,17	1,24	
CLASSE A	Kai	0,54	0,74	1,15	1,46	1,61	1,52	1,60	1,60	1,69	1,45
PENMAN	K [*] pv	0,46	0,56	0,71	0,88	1,01	1,00	0,84	0,99	0,96	1,07
MODIF.	K [*] pi	0,63	0,73	0,94	1,27	1,49	1,47	1,59	1,48	1,50	1,27
THORNTH.	K [*] tv	0,45	0,52	0,67	0,97	1,08	0,94	0,89	0,90	0,92	1,06
MODIF.	K [*] ti	0,51	0,60	0,90	1,29	1,40	1,16	1,51	1,46	1,32	1,17
PENMAN	Kpv	0,61	0,81	0,99	1,10	1,24	1,23	1,03	1,21	1,08	1,34
	Kpi	0,78	0,86	1,20	1,55	2,25	2,10	2,37	3,06	2,16	1,99
THORNTH.	Ktv	0,80	1,00	1,17	1,68	1,74	1,39	1,35	1,32	1,39	1,66
	Ktt	0,68	0,79	1,38	2,19	2,64	1,93	2,93	3,58	2,40	2,12
RADIÇÃO	Krv	0,52	0,68	0,86	1,05	1,23	1,19	1,12	1,21	0,96	1,18
SOLAR	Kri	0,71	0,77	1,08	1,58	1,56	1,50	1,69	1,43	1,71	1,27
LINACRE	K1v	0,48	0,72	0,94	1,20	1,41	1,23	1,10	1,11	1,15	1,36
	K1i	0,54	0,63	0,85	1,15	1,24	1,11	1,22	1,11	1,16	1,02
FAO	V+1	0,4/ 0,5	0,4/ 0,5	0,7/ 0,8	0,7/ 0,8	0,95/ 1,1	0,95/ 1,1	0,95/ 1,1	0,95/ 1,1	0,95/ 1,1	0,8/ 0,55

te único anual, como usualmente se recomenda. Conclue-se também que para maior precisão de resultados, deve-se utilizar o coeficiente adequado para cada método.

5.3. Relativos ao consumo estacional de água pela cultura do repolho

No quadro 5.6. são resumidos os consumos de água durante os dois ciclos culturais. Devido a boa condição de umidade detectada nas caixas e do peso dos repolhos obtidos (vide quadro 4.9 e figura 5.3) praticamente não diferir daqueles cultivados na área externa irrigada, podemos dizer que a evapotranspiração medida se constitui da "demanda climática ideal" de água da cultura. Considerando de acordo com DOORENBOS e KASSAM (1979) um consumo médio para a cultura entre 380 e 500 mm/ciclo, os consumos detectados no experimento (469,7/445,1mm, no verão e 375,5mm no inverno) confirmam a validade destas medidas. Desprezaram-se os dados obtidos na época de inverno no evapotranspirômetro 1, pois verificou-se haver restrição hídrica, detectada pelo baixo peso dos repolhos (problemas de obstrução de entrada d'água). No quadro 5.5 e gráfico 5.3 são encontrados os valores da demanda ao longo do ciclo.

5.4. Relativos ao desempenho dos evapotranspirômetros

Pelos resultados confiáveis obtidos, pela faci

Quadro 5.5. Totais de evapotranspiração medidas (ET) nos ciclos de verão e inverno (demanda climática ideal).

Década	CICLO DE VERÃO		CICLO DE INVERNO	
	Evapotr. (1) (mm)	Evapotr. (2) (mm)	Evapotr. (1) (mm)	Evapotr. (2) (mm)
(1)	24,4	23,2	21,4	22,8
(2)	41,9	35,4	22,8	23,9
(3)	48,5	45,8	27,3	30,4
(4)	47,8	44,7	32,2	41,0
(5)	62,8	61,0	36,4	46,8
(6)	47,0	48,4	32,3	38,9
(7)	43,5	41,8	30,2	37,2
(8)	45,3	47,2	31,8	38,7
(9)	45,6	42,6	34,7	41,1
(10)	62,9	55,0	31,1	36,7
Totais	469,7	445,1	300,2	357,5

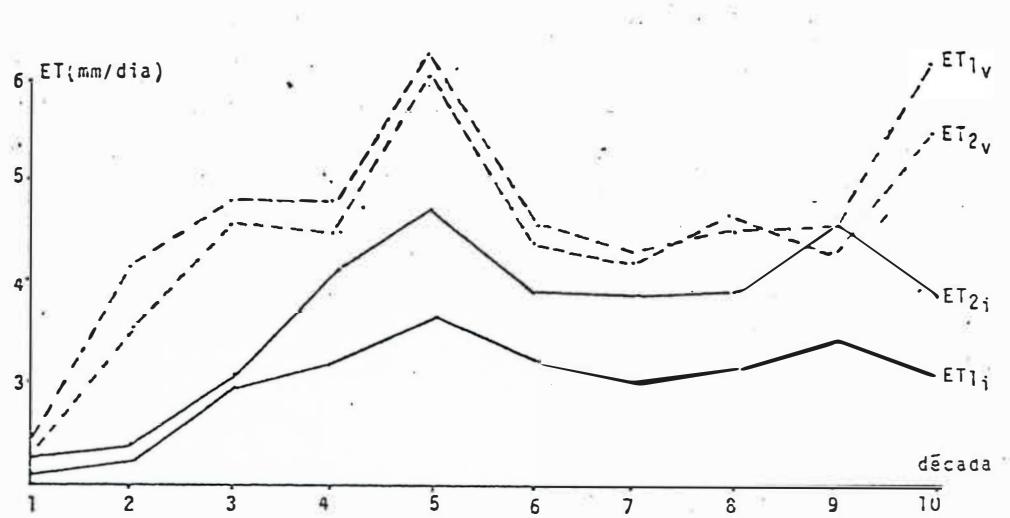


Gráfico 5.3. Demanda hídrica da cultura ao longo do ciclo.



Figura 5.3. Vista da cultura na caixa do evapotranspirômetro

lidade operacional e baixo custo dos conjuntos evapotranspirométricos achamos satisfatório o seu desempenho. Para obter-se os mesmos dados pelos processos convencionais (métodos do balanço de massa, sonda de neutrons, evapotranspirômetros ponderais, etc.) dispenderíamos uma soma de trabalho maior, custos mais altos e um grau de incerteza mais elevado nas medidas.

A experiência, todavia, nos revelou que na fase inicial, a pouca profundidade do sistema radicular das plantas, requer pequenas irrigações de superfície que podem ser perfeitamente contabilizadas sem prejuízo nas medidas.

6. CONCLUSÕES

Em face ao resultados obtidos pode-se concluir que:

- 6.1. O evapotranspirômetro de lençol freático fixo, adaptado para hortaliças mostrou-se viável para a avaliação da demanda hídrica do repolho, tanto pela simplicidade operacional como pela precisão dos resultados obtidos.
- 6.2. A determinação da demanda hídrica do repolho nos cultivares de verão e inverno permitiu:
 - 6.2.1. Avaliar as necessidades básicas de água da cultura em cada estágio dos ciclos de verão e inverno.
 - 6.2.2. Estabelecer os coeficientes de cultura adequados para cada método de estimativa de evapotranspiração de referência, mostrando existir uma variabilidade estacional.

6.3. As modificações introduzidas nos métodos de Penman (1948) e Thornthwaite (1948) para as condições locais, melhoraram a sua precisão de estimativas, sem prejuízo da viabilidade de aplicação.

LITERATURA CITADA

ASSIS, F.N., 1978. O uso do evapotranspirômetro no estudo de algumas relações entre evapotranspiração medida e estimada. Piracicaba, ESALQ/USP, 69p. (Tese de mestrado).

BARBIERI, V., 1981. Medidas e estimativa de consumo hídrico em cana-de-açúcar. Piracicaba, ESALQ/USP, 82p. (Tese de mestrado).

BLANEY, H.F. e W.D. CRIDDLE, 1950. Determining water requirements in irrigated areas from climatological and irrigation data. USDA (SCS) TP-S6, 48p.

BOWEN, I.S., 1926. The ratio of heat losses by conduction and by evaporation from any water surface. Phys. Rev. Ser. 2, Ithaca, 27: 779-87.

BUCKS, D.A; J.E. LEONARD e O.F. FRENCH, 1974. Quantity and frequency of trickle and furrow irrigation for efficient cabbage production. Agronomy J., 66: 53-57.

CAMARGO, A.P., 1961. Contribuição para a determinação da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. Piracicaba, ESALQ/USP. 49p. (Tese de Doutorado).

CAMARGO, A.P., 1966. Contribuição para a determinação da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. Campinas, IAC. 54p. (BC-161).

CARVALHO, W.A., 1983. Levantamento de solos da fazenda Lageado. Boletim Científico, UNESP, FCA-Botucatu, SP. 195p.

CHANG, J.H.; R.B. CAMPBELL; H.W. BRODIE e L.D. BAVER, 1965. Evapotranspiration research of the HSPA Experiment Station. In: XII Congr. Int. Soc. Sug. Cane Tech., Puerto Rico, Elsevier, 10-24.

CHAPAS, L.C. e A.R. REES, 1963. Evaporation and evapotranspiration from screened pan evapotration. Agricultural Meteorology, 16: 343-352.

COMISSÃO DE SOLOS, 1960. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo. Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas. Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro, Bol. nº 12, 1960. 634p.

DOORENBOS, J. e A.H. KASSAM, 1979. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos (Diego y Drenaje). Boletim nº 33. Roma, FAO, 212 p.

DOORENBOS, J. e W.O. PRUITT. 1975. Crop Water Requirements Boletim nº 24. Roma, FAO, 179 p.

DRAGLAND, S., 1976. Nitrogen and water requirements for cabbage. Forskning og Forsok i Lanbruket. Hort. abstr. 27(3): 355-374.

DREW, D.H., 1966. Irrigation studies on summer cabbage. J. Hort. Sci., 41: 103-114.

- EVANS, G.N., 1971. Evapotranspiration from rice at griffith, New South Wales. Agr. Meteorol., 8(2): 117-127.
- EKERN, O.C., 1966. Evapotranspiration by Bermuda-grass Sod (*Cynodon dactylon*, L. Pres.) in Hawaii. Agronomy Journal, Madison, 58(4): 387-390.
- ENCARNAÇÃO, C.R.F., 1980. Estudo da demanda de água do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) var. Goiano Precoce. Piracicaba, ESALQ/USP, 62p. (Tese de Mestrado).
- FUCHS, M.; I. HAUSENBERG e B. STANHILL, 1964. A field test of the control of cotton irrigation practice from Classe A pan data. J. Agric. Res., Israel, 14: 237-239.
- GANCHARYK, M.M. e PAULENKA, Z.R., 1975. The effect of varying water supply on the water regime and productivity of head cabbage. Biyalagichy Kl Navuk n° 6. Hort. abstracts 6: 11-17.
- GONART, B.; D. GOLDBERG e D. SADAN, 1971. Changes in the ratio between sugar beet evapotranspiration and pan evaporation during the growing season. Agron. J., 63(2): 256-258.
- GUKOVAS, M., 1981. Estudo comparativo da evaporação potencial estimada por evaporímetro tipo 'Classe A' e calculada por fórmulas empíricas no Estado de São Paulo. Escola Politécnica, USP, São Paulo. 112p. (Tese de Mestrado).
- HARGREAVES, G.H., 1968. Consumptive use derived from evaporation pan data. J. Irrigation and Drainage Division, ASCE, IR.
- LINACRE, E.T., 1967. Climate and the evaporation from crops. ASCE Irrigation and Drainage Div., 93: 61-79.

LINACRE, E.T., 1977. A simple formula for estimating evaporation in various climates, using temperature alone. Agric. Meteorol., Amsterdam, 18: 409-424.

ORTOLANI, A.A.; A.P. CAMARGO e N.A. VILLA NOVA, 1966. Correlação entre a evapotranspiração potencial calculada segundo os métodos de Penman e de Thornthwaite e de dados de evapotranspirômetros na região de Ribeirão Preto. Bragantia, Campinas, IAC 25 (15): 65-68.

PENMAN, H.L., 1948. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Royal Soc. London Proc., Ser. A, 193: 120-146.

SAXENA, G.K.; HAMMOND, L.C. e LUNDY, H.W., 1971. Effect of an asphalt barrier on soil water and on yield and water use by tomato and cabbage. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 96 (2): 218-222.

SCARDUA, R., 1970. Evapotranspiração real da cultura do milho como base aos projetos de irrigação. Piracicaba, ESALQ/USP. 160p. (Tese de Doutoramento).

STANHILL, G., 1961. A comparison of methods of calculating potential evapotranspiration from climatic data. J. Agric. Res., Israel, 11(3/4): 159-171.

TANNER, C.B., 1960. Energy balance approach to evapotranspiration crops. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 24(1): 1-9.

THORNTHWAITE, C.W. e HOLZMAN, B., 1944. Measurement of evaporation from land and water surface. U.S.D.A. Tech. Bull. 817.

THORNTHWAITE, C.W., 1948. An approach toward a ration classification of climate. The Geographical Review, 38: 55-94.

THORNTHWAITE, C.W. e J.R. MATHEWS, 1954. Climate in relation to crops reprint from. Meteorological Monographs, 2 (8): 1-10.

THORNTHWAITE, C.W. & J.R. MATHER, 1955. The water balance. Publ. Clím. Dexcl. Inst. Tecnol., Centerton, N.Y., 8(1) : 104.

THOMAS, J.R., 1970. Namkin L.N. and Lundy, H.W. Yield of cabbage in relation to nitrogen and water supply. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 95(6): 732-735.

TUBELIS, A. e F.J.L. do NASCIMENTO, 1976. Estimativas da radiação da radiação solar global diária em Botucatu, SP, a partir da insolação diária. Botucatu Científica, Série A: 26: 53-60.

TUBELIS, A. e F.J.L. do NASCIMENTO, 1981. Estimativa do ar pelo evaporímetro de Piche em Botucatu, SP. Revista Científica, 9(1): 13-19.

TYURINA, S.M., 1975. The effect of irrigation on some physiological processes in head cabbage. Hauchuye Trudy NII Oyosch. Kh. Va. 5, 258-262. Hort. Abstr.

VILLA NOVA, N.A., 1973. Estudos sobre o balanço de energia em cultura de arroz. Piracicaba, ESALQ/USP. 78p. (Tese de Livre-Docência).

VILLA NOVA, N.A. e J.C. OMETTO, 1976. Adaptação e simplificação do método de Penman às condições climáticas do Estado de São Paulo. Trabalho apresentado no IV Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos. Fortaleza-CE.

WILLIAMSON, R.E. e GRAY, T.N., 1973. Effect of water table depth on yield of cabbage squash and tender-green. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 98(2): 207-209.

WMO, 1966. Measurement and estimation of evaporation and evapotranspiration Technical Note 83.. 121p.

APÉNDICE

Tabela 8.1. Valores do coeficiente de conversão do tanque classe "A" (K_p) para a estimativa da evapotranspiração potencial (ETP).

		Exposição A: Tanque circundado por grama			Exposição B Tanque circundado por solo nu			
UR % (média)		Baixa < 40%	Média 40-70%	Alta > 70%		Baixa < 40%	Média 40-70%	Alta > 70%
Vento (Km/dia)	Posição do Tanque $d(m)^*$				Posição do Tanque $d(m)^*$			
Leve < 175	0	0,55	0,65	0,75	0	0,70	0,80	0,85
	10	0,65	0,75	0,85	10	0,60	0,70	0,80
	100	0,70	0,80	0,85	100	0,55	0,65	0,75
	1000	0,75	0,85	0,85	1000	0,50	0,60	0,70
Moderado 175 - 425	0	0,50	0,60	0,65	0	0,65	0,75	0,80
	10	0,60	0,70	0,75	10	0,55	0,65	0,70
	100	0,65	0,75	0,80	100	0,50	0,60	0,65
	1000	0,70	0,80	0,80	1000	0,45	0,55	0,60
Forte 425-700	0	0,45	0,50	0,60	0	0,60	0,65	0,70
	10	0,55	0,60	0,65	10	0,50	0,55	0,75
	100	0,60	0,65	0,75	100	0,45	0,50	0,60
	1000	0,65	0,70	0,75	1000	0,40	0,45	0,55
Muito Forte > 700	0	0,40	0,45	0,50	0	0,50	0,60	0,65
	10	0,45	0,55	0,60	10	0,45	0,50	0,55
	100	0,50	0,60	0,65	100	0,40	0,45	0,50
	1000	0,55	0,60	0,65	1000	0,35	0,40	0,45

Transcrito de "Crop Water Requirements", DOORENBOS e KASSAM (1979)

Nota: Para extensas áreas de solo nu, reduzir os valores de K_p de 20% em condições de alta temperatura e vento forte e de 5 a 10%, em condições de moderada temperatura, vento e umidade.

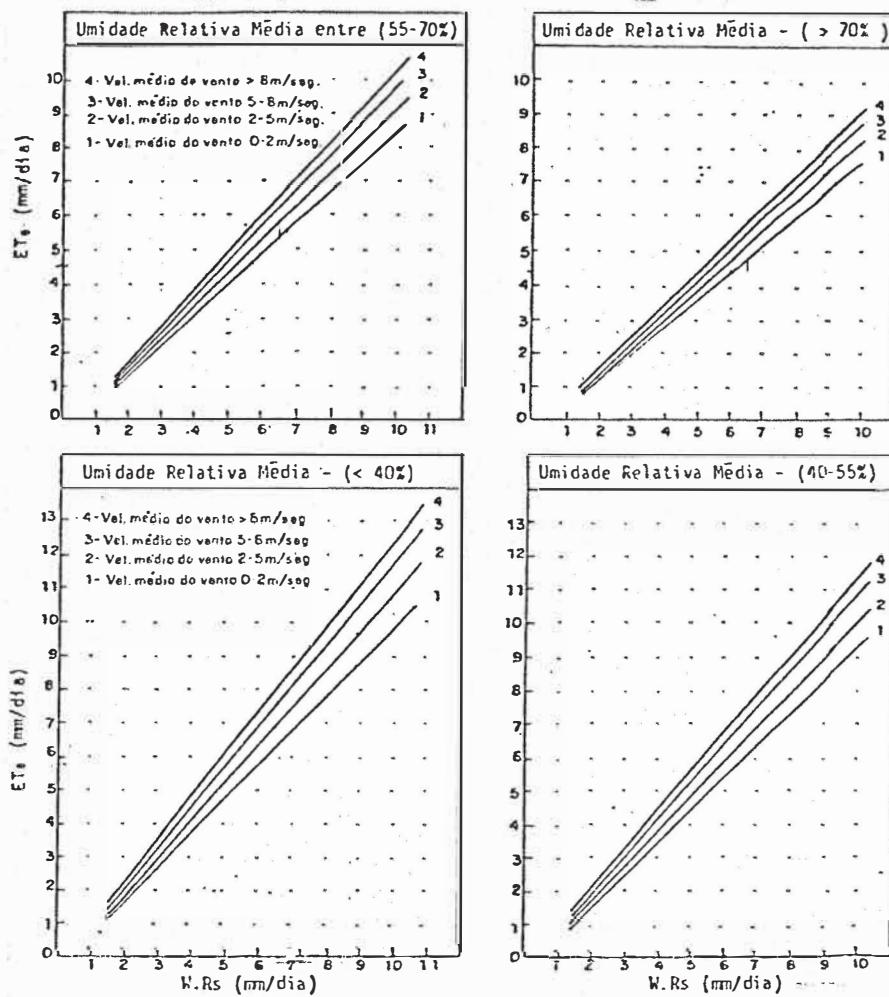
d = menor distância (expressa em metros), do centro do tanque ao limite da bordadura (grama ou solo nu).

Tabela 8.2. Fatores médios de ajuste (w) para estimativa de (ET_0R) em relação à temperatura e altitude.

Altitude (m)	Temperatura (°C)																			
	02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
0	.043	.46	.49	.52	.55	.58	.61	.64	.66	.69	.71	.73	.75	.77*	.78	.80	.82	.84	.84	.85
500	.45	.48	.51	.54	.57	.60	.62	.65	.67	.70	.72	.74	.76	.78	.79	.81	.82	.84	.85	.86
1.000	.46	.49	.52	.55	.58	.61	.64	.66	.69	.71	.73	.75	.77	.79	.80	.82	.83	.85	.86	.87
2.000	.49	.52	.55	.58	.61	.64	.66	.69	.71	.73	.75	.77	.79	.81	.82	.84	.85	.86	.87	.88
3.000	.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, DOORENBOS e KASSAM (1979).

Figura 8.3. Coeficiente angular de ajuste para estimativa de ET_0R em relação a velocidade do vento (U) e a umidade relativa (UR).



Transcrito de Yield Response to Water, DOORENBOS e KASSAM (1979)

Tabela 8.3. Valores de evapotranspiração potencial diária estimada em função da temperatura média diária e temperatura média anual (CAMARGO, 1966).

Mês	Temperatura média anual normal da região em °C - Índice T																																					
	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195	200	205	210	215	220	225	230	235	240	245	250	255	260	265	270								
OC.	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm										
10.0	2.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1								
10.5	1.4	1.4	1.4	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1								
11.0	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2								
11.5	1.5	1.5	1.5	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2								
12.0	1.7	1.6	1.6	1.5	1.4	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2								
12.5	1.8	1.7	1.7	1.5	1.5	1.4	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2							
13.0	1.8	1.6	1.6	1.7	1.6	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.6	0.5							
13.5	2.0	1.9	1.9	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.6	0.5						
14.0	2.0	2.0	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.6	0.5						
14.5	2.1	2.1	2.0	1.9	1.9	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.6							
15.0	2.2	2.2	2.1	2.0	2.0	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8					
15.5	2.3	2.3	2.2	2.2	2.1	2.1	2.0	1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0					
16.0	2.4	2.4	2.3	2.2	2.2	2.1	2.1	2.0	2.0	2.0	2.0	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0				
16.5	2.5	2.5	2.4	2.3	2.3	2.2	2.1	2.1	2.0	2.0	2.0	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0				
17.0	2.6	2.6	2.5	2.4	2.4	2.3	2.2	2.1	2.1	2.0	2.0	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0				
17.5	2.7	2.7	2.6	2.5	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.1	2.0	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0				
18.0	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4	2.4	2.3	2.2	2.1	2.1	2.0	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0				
18.5	2.9	2.8	2.7	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0				
19.0	3.0	3.0	2.9	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0			
19.5	3.1	3.1	3.0	2.9	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	2.0	2.0	2.0	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0			
20.0	3.2	3.2	3.1	3.0	2.9	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	2.0	2.0	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0			
20.5	3.3	3.3	3.2	3.2	3.1	3.0	2.9	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	2.0	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1			
21.0	3.4	3.4	3.3	3.3	3.2	3.1	3.0	2.9	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	2.0	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1			
21.5	3.5	3.5	3.4	3.4	3.3	3.2	3.1	3.0	2.9	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	2.0	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1			
22.0	3.6	3.6	3.5	3.4	3.4	3.3	3.2	3.1	3.0	2.9	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	2.0	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1		
22.5	3.7	3.6	3.5	3.4	3.4	3.3	3.2	3.1	3.0	2.9	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	2.0	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1		
23.0	3.8	3.6	3.5	3.4	3.3	3.2	3.1	3.0	2.9	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	2.0	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1			
23.5	3.9	3.6	3.5	3.4	3.3	3.2	3.1	3.0	2.9	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	2.0	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1			
24.0	4.0	4.0	3.9	3.8	3.7	3.6	3.5	3.4	3.3	3.2	3.1	3.0	2.9	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	2.0	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4			
24.5	4.1	4.1	4.0	4.0	3.9	3.8	3.7	3.6	3.5	3.4	3.3	3.2	3.1	3.0	2.9	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	2.0	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5			
25.0	4.2	4.2	4.2	4.1	4.1	4.1	4.0	3.9	3.8	3.7	3.6	3.5	3.4	3.3	3.2	3.1	3.0	2.9	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	2.0	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7	1.7	1.6		
25.5	4.3	4.3	4.3	4.2	4.2	4.1	4.1	4.0	3.9	3.8	3.7	3.6	3.5	3.4	3.3	3.2	3.1	3.0	2.9	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	2.0	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7	1.7	1.6	
26.0	4.4	4.4	4.4	4.3	4.3	4.2	4.2	4.1	4.0	3.9	3.8	3.7	3.6	3.5	3.4	3.3	3.2	3.1	3.0	2.9	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	2.0	1.9	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7	1.7	1.6

Quadro 8.1. Dados diários coletados (período de verão)
Mês - Outubro/novembro/84

Dia	ET ₁	ET ₂	ECA _C	ECA	T	UR	P	Pi	n	U
13/10	2,56	2,39	2,6	5,1	21,6	65	0,0	5,8	0,10	59,3
14/10	2,80	2,14	3,2	7,4	24,0	63	0,0	6,0	8,95	120,2
15/10	2,83	2,66	2,7	4,6	20,3	74	0,0	4,8	4,00	172,0
16/10	2,52	2,39	3,3	6,0	22,4	72	0,0	3,5	9,30	80,9
17/10	2,25	2,42	2,7	5,8	24,3	67	7,5	5,1	9,90	110,7
18/10	1,73	2,11	1,2	2,8	11,7	89	1,5	1,4	0,10	112,2
19/10	2,07	2,46	2,0	2,6	15,9	80	0,0	2,8	0,50	209,8
20/10	3,50	2,42	2,4	6,3	16,9	70	0,0	5,0	11,70	205,8
21/10	1,80	1,94	2,8	5,8	21,1	67	0,0	4,8	11,50	84,8
22/10	2,39	2,32	3,7	7,8	24,9	56	0,0	7,6	11,35	67,3
M	2,44	2,32	2,66	5,42	21,1	70	9,0	4,67	7,64	122,3
23/10	2,35	2,65	4,7	7,7	20,9	53	0,0	6,9	10,70	137,4
24/10	2,04	1,87	2,8	5,6	21,7	71	0,0	4,9	6,95	151,3
25/10	4,19	4,44	2,5	6,8	22,3	69	0,0	5,8	10,90	173,6
26/10	4,68	3,75	4,4	7,9	22,3	66	0,0	6,2	11,45	140,6
27/10	6,59	4,93	3,7	6,8	24,8	61	0,0	6,7	11,20	95,8
28/10	2,67	1,39	4,3	8,4	26,7	52	0,0	8,8	10,75	56,2
29/10	5,07	3,92	6,6	9,4	28,1	43	0,0	11,4	11,15	101,6
30/10	5,41	4,48	6,7	8,9	21,0	43	0,0	9,7	11,05	133,2
31/10	5,90	5,34	3,2	6,7	23,8	75	0,0	5,1	8,85	238,5
01/11	3,05	2,67	1,6	5,4	21,9	70	0,0	5,2	7,35	115,9
M	4,19	3,54	4,05	7,36	23,3	60,3	0,0	7,06	10,03	134,4
02/11	7,53	7,04	6,1	9,4	25,6	62	0,0	5,4	9,65	146,9
03/11	3,89	3,30	6,1	10,1	26,1	61	0,0	8,0	9,80	171,2
04/11	3,71	3,12	5,3	7,8	23,9	71	0,0	9,6	8,85	158,4
05/11	6,14	6,14	3,4	7,5	23,7	73	0,0	5,2	9,15	215,7
06/11	3,12	2,85	2,7	7,7	24,5	70	0,0	5,9	9,05	99,4
07/11	5,27	5,13	2,8	4,0	23,6	73	2,3	5,4	7,35	101,4
08/11	7,81	7,81	6,5	10,2	26,0	56	0,0	10,1	10,25	96,0
09/11	5,76	5,38	2,6	6,4	24,5	61	13,0	5,5	6,20	106,6
10/11	4,51	4,27	2,1	3,6	23,2	71	2,6	3,7	6,75	49,4
11/11	3,76	0,76	1,5	4,0	20,6	90	32,0	0,8	0,45	52,6
M	4,85	4,58	3,91	7,07	24,1	68,8	5,0	5,96	7,75	119,7

Quadro 8.2. Dados diários coletados (período de verão)

Mês: Novembro/dezembro/84

Dia	ET ₁	ET ₂	ECA _C	ECA	T	UR	P	Pi	n	U
12/11	1,25	1,11	1,2	2,5	20,5	86	0,0	2,4	1,05	96,1
13/11	5,69	5,38	1,5	6,5	20,2	75	0,0	4,0	10,20	155,5
14/11	6,18	5,55	2,2	6,5	19,1	71	0,0	4,8	12,00	173,4
15/11	7,95	6,66	3,3	7,0	11,2	67	0,0	6,3	11,90	163,5
16/11	5,69	5,38	3,3	7,4	22,1	60	0,0	6,3	11,60	74,3
17/11	2,74	2,94	3,0	6,3	21,7	70	0,4	4,4	8,20	152,9
18/11	4,79	4,48	3,1	4,4	19,0	78	0,0	3,5	1,85	145,6
19/11	6,97	6,45	2,1	5,8	20,4	73	0,0	4,2	2,75	106,0
20/11	1,1	1,04	0,8	2,8	17,4	90	24,6	1,2	2,75	86,2
21/11	5,52	5,76	2,2	4,9	19,0	73	0,0	3,5	11,15	83,1
M	4,78	4,47	2,27	5,41	19,8	74,3	25,0	4,06	8,04	123,6
22/11	7,39	6,80	1,6	5,7	21,1	74	0,0	3,6	10,20	112,3
23/11	7,01	6,42	2,3	5,7	24,5	69	0,0	5,4	11,10	103,5
24/11	8,81	8,64	4,0	7,0	25,7	63	0,0	6,6	10,40	112,3
25/11	3,75	3,47	3,0	5,9	24,0	77	2,8	2,6	6,90	58,3
26/11	5,34	4,86	1,2	5,8	22,2	81	1,0	3,2	4,95	114,2
27/11	7,32	6,94	4,5	6,2	20,9	68	0,0	5,2	8,25	178,3
28/11	9,02	9,47	3,2	13,3	20,1	62	0,0	6,2	12,30	120,6
29/11	7,81	7,95	2,9	5,9	21,1	70	0,0	4,5	10,35	108,7
30/11	5,01	5,27	1,5	5,6	22,7	73	0,0	4,5	10,45	81,8
31/11	1,39	1,25	1,2	3,2	21,3	88	19,2	1,8	1,65	91,4
M	6,28	6,10	2,54	6,43	22,3	72,5	23,0	4,36	8,72	108,1
02/12	2,08	2,01	2,1	3,9	21,5	89	0,2	1,8	2,10	43,6
03/12	6,28	6,38	0,9	5,7	22,2	83	0,0	3,1	7,00	104,2
04/12	7,56	7,81	3,3	6,4	21,8	78	0,0	3,9	8,95	125,5
05/12	5,83	5,97	1,7	6,1	22,5	79	1,6	4,6	8,09	71,3
06/12	4,72	4,75	0,5	2,7	21,9	86	0,4	2,0	2,95	68,1
07/12	1,87	1,94	1,7	4,3	21,2	93	6,0	1,5	0,55	103,4
08/12	1,94	1,87	2,2	3,3	18,2	85	0,0	2,4	1,15	169,2
09/12	4,89	4,61	1,1	4,2	21,3	73	0,0	2,8	8,85	32,4
10/12	7,01	7,74	4,4	6,9	24,7	65	0,0	6,8	11,50	62,3
11/12	4,85	5,38	2,3	5,5	24,1	72	2,4	4,2	8,65	93,8
M	4,70	4,84	2,02	4,90	21,9	80,3	10,6	3,32	5,97	87,4

Quadro 8.3. Dados diários coletados (época de verão)

Mês: dezembro/janeiro/84

Dia	ET ₁	ET ₂	ECA _C	ECA	T	UR	P	Pi	n	U
12/12	6,14	5,41	1,9	2,9	23,9	77	23,0	3,6	5,10	82,0
13/12	0,69	1,18	1,9	1,9	21,9	89	25,8	1,4	1,65	77,8
14/12	0,94	0,52	0,4	1,0	18,1	94	10,3	1,0	0,0	118,8
15/12	1,42	1,35	1,5	3,6	17,7	82	0,0	2,3	0,0	142,1
16/12	5,03	4,72	1,1	6,6	21,8	78	15,2	3,2	7,10	65,5
17/12	1,21	1,39	1,0	1,1	21,3	89	17,4	1,0	4,55	65,1
18/12	5,21	5,38	3,5	6,0	21,9	80	0,0	3,6	7,55	85,9
19/12	8,15	7,88	2,8	7,1	19,5	67	0,0	4,9	12,05	118,6
20/12	8,15	7,77	2,1	5,5	20,9	64	0,0	5,1	12,10	61,9
21/12	6,56	6,25	3,4	8,3	24,3	58	0,0	7,8	12,25	91,9
M	4,35	4,18	1,78	4,40	21,1	77,8	91,7	3,39	5,02	91,7
22/12	9,72	8,57	4,1	7,7	21,9	61	0,0	7,4	11,85	107,1
23/12	6,45	7,56	2,8	6,0	21,5	55	0,0	5,7	10,55	75,9
24/12	8,09	7,60	2,3	5,3	23,3	65	0,0	5,1	8,65	64,1
25/12	2,67	2,81	1,9	4,9	22,8	76	0,0	2,2	1,05	23,7
26/12	7,46	7,25	2,7	4,7	23,5	75	0,0	3,6	7,80	91,3
27/12	5,83	5,59	2,2	5,2	22,3	78	0,0	3,4	3,70	107,1
28/12	2,08	2,95	1,6	4,7	20,9	82	1,0	2,4	0,00	106,2
29/12	1,18	2,39	0,8	2,6	21,4	87	18,5	1,4	2,10	36,0
30/12	0,90	1,35	1,0	2,7	20,0	90	1,3	1,2	0,10	75,5
31/12	0,97	1,21	0,8	1,8	21,4	85	6,0	2,2	1,00	44,7
M	4,53	4,72	2,02	4,56	21,9	75,4	26,8	3,56	4,68	73,1
01/01	4,96	4,48	3,5	5,4	23,0	79	0,0	5,6	5,40	83,9
02/01	7,84	7,29	2,9	6,5	22,4	74	0,0	4,8	10,65	138,0
03/01	8,61	7,53	3,1	7,3	21,2	71	0,0	4,7	12,40	134,1
04/01	3,12	3,30	0,8	4,3	21,5	77	0,0	3,3	9,70	87,0
05/01	5,00	5,30	1,7	5,4	22,9	79	8,6	3,4	9,75	82,0
06/01	1,80	1,42	1,1	1,1	22,6	85	7,0	1,8	4,15	62,5
07/01	0,73	0,97	2,1	2,1	20,7	94	37,0	1,2	0,75	48,2
08/01	1,01	1,21	1,0	2,7	19,6	89	2,8	1,7	0,05	100,5
09/01	6,00	4,96	2,9	6,1	19,1	71	0,0	4,5	9,75	145,0
10/01	6,59	6,21	1,1	3,5	19,3	70	0,0	4,2	11,65	85,5
M	4,56	4,26	2,02	4,44	21,2	78,9	55,4	3,32	7,42	96,7

Quadro 8.4. Dados diários coletados (época de verão)

Mês: Janeiro/84

Dia	ET ₁	ET ₂	ECA _C	ECA	T	UR	P	Pi	n	U
11/01	8,47	6,25	2,7	7,2	21,5	64	0,0	4,8	11,85	51,1
12/01	7,22	7,43	3,0	6,6	23,6	59	0,0	6,0	10,80	89,7
13/01	5,69	5,00	3,2	5,8	22,0	74	0,0	3,7	8,90	123,4
14/01	7,46	6,45	2,5	6,1	23,0	75	0,8	4,3	11,35	103,1
15/01	6,18	5,62	1,6	5,8	23,8	74	2,3	5,7	8,70	43,4
16/01	1,67	1,98	1,2	2,7	21,7	86	0,8	1,7	0,70	64,0
17/01	6,49	5,48	1,4	5,8	21,0	77	0,0	3,9	10,20	137,6
18/01	7,18	5,86	2,5	4,8	21,0	76	0,0	4,2	9,05	169,7
M	6,29	5,50	2,26	5,60	22,2	73	3,9	4,05	8,94	78,2

Quadro 8.5. Dados diários coletados (época de inverno)

Mês: março/abril/84

Dia	ET ₁	ET ₂	ECA _C	ECA	T	UR	P	Pi	n	U
30/03	1,98	2,20	1,0	5,8	23,9	75	0,0	4,0	9,70	76,8
31/03	1,78	1,95	1,6	5,3	23,2	80	0,0	3,7	9,95	83,1
01/04	1,85	2,20	1,3	5,1	23,5	79	0,0	2,9	7,90	79,9
02/04	2,48	3,14	2,0	5,6	25,2	75	0,0	4,2	10,15	62,7
03/04	2,34	2,65	1,8	4,9	25,3	73	39,0	3,8	10,10	112,9
04/04	1,33	1,16	1,1	3,3	21,3	87	0,0	1,6	1,90	60,3
05/04	2,37	2,69	1,6	5,3	21,4	81	18,8	2,2	6,40	53,4
06/04	1,37	1,37	1,3	3,1	21,4	85	0,0	2,0	1,90	34,8
07/04	3,34	2,76	1,5	5,6	23,6	77	0,0	3,0	8,05	87,4
08/04	2,65	2,69	1,7	5,4	22,0	82	13,8	3,0	8,10	152,5
M	2,14	2,28	1,50	4,94	23,08	79,4	71,6	3,03	7,41	70,3
09/04	2,50	2,26	1,3	4,5	22,1	79	0,0	2,5	9,30	86,2
10/04	1,74	2,29	1,3	5,6	21,5	78	0,0	3,1	7,80	77,6
11/04	2,40	2,53	1,4	3,1	23,0	74	0,0	3,1	8,10	129,8
12/04	2,01	2,60	2,0	3,4	20,7	82	0,0	3,2	9,30	206,9
13/04	2,43	2,64	0,5	3,3	20,9	83	0,0	2,4	7,80	137,9
14/04	3,33	2,75	2,1	4,0	22,9	75	0,0	2,9	9,50	36,6
15/04	2,64	3,13	1,1	5,1	23,3	75	26,5	3,8	10,55	130,5
16/04	2,08	2,01	1,8	3,8	21,5	91	17,8	1,3	4,05	78,2
17/04	1,39	1,32	0,4	1,3	20,2	94	6,6	0,7	1,30	45,0
18/04	2,29	2,43	1,6	3,8	21,9	85	0,0	2,2	8,00	113,2
M	2,28	2,39	1,35	3,79	21,8	82	50,9	2,52	7,57	104,1
19/04	2,91	2,33	1,9	7,9	18,3	81	0,0	3,3	5,50	229,5
20/04	3,05	3,61	2,0	4,1	18,0	75	0,0	3,7	8,20	177,2
21/04	2,12	2,60	2,3	4,5	18,1	73	0,0	3,0	10,50	92,4
22/04	3,16	3,64	1,8	4,8	18,1	69	0,0	4,2	10,65	87,7
23/04	3,23	3,64	2,2	2,8	19,4	69	0,0	4,6	10,20	93,7
24/04	2,43	2,67	1,2	1,8	18,2	73	0,0	2,9	0,05	78,4
25/04	2,08	2,25	0,9	1,6	18,6	82	8,3	1,8	0,40	50,6
26/04	2,36	2,60	1,0	1,9	18,9	85	0,0	19,	7,50	54,8
27/04	3,00	3,57	1,1	3,2	20,7	76	0,0	3,2	8,95	47,8
28/04	3,00	3,54	1,5	2,6	21,5	76	3,8	3,2	7,15	75,5
M	2,73	3,04	1,59	3,12	18,9	75,5	12,1	3,18	6,09	93,7

Quadro 8.6. Dados diários coletados (época de inverno)

Mês: Abril/maio/84

Dia	ET ₁	ET ₂	ECA _C	ECA	T	UR	P	Pi	n	U
29/04	3,37	4,09	1,4	3,6	22,5	76	0,0	3,4	10,50	65,0
30/04	2,15	2,19	2,3	3,6	20,8	87	16,5	2,0	1,85	163,2
01/05	2,36	2,74	0,9	3,7	15,5	85	1,0	1,5	3,40	95,9
02/05	2,95	3,47	0,7	2,0	15,2	84	0,0	2,0	5,80	133,4
03/05	3,37	4,30	2,2	2,9	15,7	67	0,0	4,1	10,25	59,5
04/05	3,64	4,86	3,3	4,0	15,1	59	0,0	6,0	10,50	78,3
05/05	3,64	4,96	7,6	3,9	14,9	51	0,0	4,5	10,65	105,0
06/05	3,47	4,58	1,3	3,0	16,9	72	0,0	3,6	10,55	66,4
07/05	3,64	4,82	2,2	3,6	19,7	65	0,0	4,2	9,10	68,4
08/05	3,64	4,79	1,1	2,8	20,4	66	0,0	3,5	9,15	36,0
M	3,22	4,10	1,70	3,31	17,7	71	17,5	3,50	8,13	87,1
09/05	2,50	2,88	1,1	3,2	18,7	84	0,2	2,2	0,65	109,4
10/05	3,33	4,06	2,7	3,2	17,4	85	0,0	2,2	6,40	124,6
11/05	3,89	4,89	3,1	3,4	14,9	69	0,0	4,0	9,70	100,3
12/05	3,16	3,61	0,9	3,0	15,0	69	0,0	2,8	0,90	79,8
13/05	3,47	4,68	2,0	3,5	16,3	68	4,2	4,2	9,50	65,6
14/05	4,06	5,38	2,6	4,4	16,9	56	0,0	5,8	10,25	54,9
15/05	3,95	5,38	2,4	3,1	17,6	56	0,0	5,5	10,35	62,9
16/05	3,99	5,55	2,2	3,7	18,0	62	0,0	5,3	10,15	68,4
17/05	3,99	5,13	1,3	2,4	20,6	63	0,0	5,3	10,20	67,7
18/05	4,02	5,21	2,3	4,4	21,0	65	0,0	5,0	10,10	68,1
M	3,64	4,68	2,06	3,43	17,6	68	4,4	4,25	8,72	80,1
19/05	3,64	4,86	3,4	5,9	21,1	66	0,0	4,9	10,00	68,6
20/05	2,81	3,61	1,9	2,8	20,0	76	20,0	2,2	2,20	49,7
21/05	1,35	1,35	1,1	1,3	15,2	94	40,4	0,0	0,00	71,5
22/05	2,95	3,30	0,9	2,6	16,7	83	0,0	2,0	10,25	83,6
23/05	3,12	4,09	1,2	2,6	17,3	77	0,0	2,9	9,60	107,1
24/05	3,75	4,16	0,8	2,1	18,7	76	0,0	3,1	9,25	77,1
25/05	3,61	4,41	0,5	2,6	18,6	74	0,0	2,9	10,10	91,9
26/05	3,30	4,06	2,1	3,7	19,1	76	0,0	3,2	10,00	52,3
27/05	3,71	4,44	1,9	3,4	19,0	65	0,0	4,3	10,0	44,4
28/05	3,95	4,68	0,8	2,8	18,1	61	0,0	4,7	10,20	43,7
M	3,22	3,89	1,46	3,00	18,3	74,8	60,4	3,08	8,17	60,9

Quadro 8.7. Dados diários coletados (época de inverno)

Mês: maio/junho/84

Dia	ET ₁	ET ₂	ECA _C	ECA	T	UR	P	Pi	n	U
29/05	3,82	4,82	2,7	3,7	18,6	66	0,0	3,8	9,45	95,1
30/05	4,23	5,03	2,1	3,6	18,7	77	0,0	3,7	10,05	162,3
31/05	3,68	4,37	0,6	2,5	18,9	75	0,0	3,1	10,00	53,3
01/06	3,68	4,68	2,0	2,7	18,7	69	0,0	4,3	10,0	66,3
02/06	2,12	2,64	2,2	2,7	16,7	76	0,0	2,0	0,05	74,6
03/06	1,32	1,70	0,5	1,2	13,5	94	15,8	0,0	0,00	39,5
04/06	1,21	1,39	0,7	1,2	12,6	87	0,0	1,6	4,75	72,0
05/06	2,98	3,40	2,0	2,4	13,6	70	0,0	3,5	10,15	112,9
06/06	3,33	4,44	1,2	3,9	12,5	63	0,0	4,7	10,30	107,5
07/06	3,89	4,72	2,1	3,2	8,5	59	0,0	4,8	10,25	122,1
M	3,02	3,72	1,61	2,72	15,2	74	15,8	3,24	7,51	95,5
08/06	3,82	4,79	1,7	2,5	6,4	72	0,0	3,6	10,25	161,7
09/06	1,39	2,15	1,4	2,0	8,3	84	1,4	1,4	0,05	28,8
10/06	1,73	1,91	1,1	2,1	9,5	70	0,0	2,9	10,00	76,6
11/06	2,85	3,30	2,7	3,2	11,4	80	0,0	2,5	6,80	117,9
12/06	3,05	3,75	1,1	2,5	13,3	68	0,0	3,6	9,95	61,9
13/06	3,37	3,99	1,6	2,9	14,2	67	0,0	4,1	9,60	54,0
14/06	3,61	4,51	1,7	1,8	16,6	55	0,0	5,7	8,70	50,5
15/06	3,85	4,58	2,9	3,3	18,1	53	0,0	4,8	9,65	49,1
16/06	3,82	4,41	2,2	4,1	19,1	54	0,0	7,2	10,00	85,1
17/06	4,34	5,34	4,3	4,1	20,6	48	0,0	6,1	10,05	97,3
M	3,18	3,87	2,07	2,85	13,7	65	1,4	4,19	8,50	78,2
18/06	3,68	4,44	1,9	3,1	15,7	79	0,0	3,0	9,25	180,3
19/06	3,54	4,30	1,2	2,5	15,7	78	0,0	2,5	9,90	112,7
20/06	3,30	4,03	1,4	2,6	17,0	76	0,0	3,1	9,10	52,1
21/06	3,50	4,03	1,4	2,4	17,8	66	0,0	4,7	7,20	70,3
22/06	3,26	3,75	1,8	2,5	17,6	67	0,0	4,2	5,25	56,3
23/06	3,54	4,27	3,6	4,7	19,4	56	0,0	6,5	9,90	85,9
24/06	3,47	3,99	2,7	3,0	19,2	62	0,0	5,1	3,00	120,0
25/06	3,75	4,41	2,0	3,0	18,5	74	0,0	3,4	9,90	116,2
26/06	3,37	4,03	1,4	2,4	17,0	80	0,0	2,6	9,35	109,4
27/06	3,30	3,92	1,2	2,4	16,9	79	0,0	2,6	9,50	73,8
M	3,47	4,11	1,86	2,86	17,5	71,7	0,0	3,77	9,23	97,7

Quadro 8.8. Dados diários coletados (época de inverno)

Mês: junho/julho/84

Dia	ET ₁	ET ₂	ECA _C	ECA	T	UR	P	Pi	n	U
28/06	3,19	3,71	1,4	2,8	17,2	78	0,0	2,6	9,15	41,5
29/06	2,88	3,47	0,6	2,7	18,9	70	0,0	4,1	9,50	57,7
30/06	4,06	4,51	3,1	5,4	20,3	52	0,0	7,2	8,10	80,6
01/07	2,98	3,82	4,5	4,1	18,4	58	0,3	4,6	4,60	79,9
02/07	2,39	2,91	0,7	1,0	16,2	80	0,4	2,6	4,35	112,2
03/07	3,43	4,13	1,5	2,8	18,8	75	0,0	3,3	9,75	58,2
04/07	3,92	4,37	2,6	3,5	21,2	58	0,0	5,5	9,80	57,1
05/07	4,44	5,10	2,6	3,5	20,8	58	8,3	4,9	9,40	98,2
06/07	1,11	1,87	1,4	1,6	11,0	93	2,0	0,7	0,00	82,3
07/07	2,71	2,88	1,4	2,2	8,2	72	0,0	2,0	10,0	41,6
M	3,11	3,67	1,98	2,96	17,1	69,4	11,0	3,75	7,47	70,9