

UM MODELO DE POSTO TERMO-EVAPO-PLUVIOMÉTRICO PARA ESTUDOS AGROCLIMÁTICOS

GENÁRIO JOSÉ DA MATA

Orientador: Prof. Dr. NILSON AUGUSTO VILLA NOVA

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

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Abril, 1981

*Aos meus pais,
José Teófilo e Carminda Maria,
a quem devo o que sou
como HOMEM,
a minha GRATIDÃO.*

*Aos meus irmãos,
Antonio, Donato, Idair, Ilda,
Jovino, Olindo, Ozório e Rosa,
pelo incentivo e apoio;
e aos meus sobrinhos, cunhado
e cunhadas,*

DEDICO,

AGRADECIMENTOS

O autor exprime seus sinceros agradecimentos:

Aos Professores Doutores Nilson Augusto Villa Nova e Jesus Marden dos Santos, pela orientação e pelas inúmeras e preciosas sugestões.

Aos Professores Doutores José Carlos Ometto e Antonio Sanchez de Oliveira, pelas críticas e sugestões apresentadas.

Aos Professores do Departamento de Física e Meteorologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da USP, pelos ensinamentos.

Aos Funcionários do Departamento de Física e Meteorologia da ESALQ-USP, pela cooperação.

Aos Professores Doutores Paulo Lemos Barbosa, Agostinho Merçon e Luiz Cláudio, por terem contribuído para a realização do Curso de Pós-Graduação.

Aos Professores Frei Francisco, Frei José e Jorge Guerhardt dos Santos, a quem deve os primeiros passos de sua formação.

Ao amigo Admardo Balmant *in memoriam*, pela amizade, apoio e agradável convívio.

À Maria Izalina Ferreira Alves e família, pela amizade e colaboração na elaboração do presente trabalho.

Aos Doutores Jacques Alves e Geraldo Afonso, e à equipe do "Pontinho", pelo apoio e incentivo.

Aos colegas Italo Albérico de Souza, Flavio Miguel Schneider, Antonio Lourenço Guidoni, José Altino Scárdua, José da Silva Lemos, Tiemi Matsuo, Inês Fumiko Ubukata, e demais colegas de Curso de Pós-Graduação, pelo convívio.

Ao CAUFES - Centro Agropecuário da Universidade Federal do Espírito Santo, por permitir o seu afastamento, sem o qual teria sido difícil a elaboração do presente trabalho.

Ao CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela bolsa de estudo concedida para realização do Curso de Pós-Graduação em Agrometeorologia da ESALQ-USP.

A Maura Natalino, pelo amor e compreensão, que serviram de incentivo e apoio para o término do curso.

A todos que, de uma forma ou de outra, colaboraram para a realização do presente trabalho.

Í N D I C E

	Pág.
RESUMO	vii
SUMMARY	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
3. MATERIAL	10
3.1 - Estação Termo-Evapo-Pluviométrica	12
3.2 - Equipamentos de Medida	18
4. MÉTODOS	22
4.1 - Estimativa da Evaporação Potencial	23
4.2 - Estimativa da Umidade Relativa do Ar Atmosférico a Partir dos Valores de Temperatura Obtidos dos Abri- gos Experimentais	31
4.3 - Procedimentos Estatísticos	32
5. RESULTADOS	34
5.1 - Relativos à Eficiência do Modelo de Abrigo Termomé- trico Proposto	34
5.2 - Relativos à Estimativa da Umidade Relativa do Ar At- mosférico pela Metodologia Proposta	45
5.3 - Relativos ao Confronto Simultâneo dos Valores Horá- rios de Umidade Relativa do Ar Atmosférico, Obtidos pelos Diferentes Sistemas de Medida	54
5.4 - Relativos à Evaporação Potencial Calculada e Estimada	58
5.5 - Relativos ao Confronto dos Valores de Evaporação Po- tencial de Solo Nu Obtidos pelos Dois Sistemas Evapo- rimétricos	60

	Pág.
5.6 - Relativos à Radiação Solar, em Cal/cm ² .min, Medida Sobre as Superfícies Evaporimétricas Livremente Exposta e Coberta com Placa de Lucite	62
6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	64
6.1 - Eficiência do Modelo de Abrigo Termométrico Proposto	64
6.2 - Estimativa da Umidade Relativa do Ar Atmosférico pela Metodologia Proposta	65
6.3 - Confronto Simultâneo dos Valores de Umidade Relativa do Ar Atmosférico Obtidos pelos Diferentes Sistemas de Medida	66
6.4 - Evaporação Potencial Calculada e Estimada	67
7. CONCLUSÕES	70
7.1 - Relativas à Eficiência do Modelo de Abrigo Termométrico Proposto, na Medida das Temperaturas do Ar Atmosférico	70
7.2 - Relativas à Estimativa da Umidade Relativa do Ar Atmosférico	70
7.3 - Relativas às Medidas Instantâneas da Umidade Relativa do Ar Atmosférico	71
7.4 - Relativas ao Conjunto Evaporimétrico	71
8. BIBLIOGRAFIA	73

UM MODELO DE POSTO TERMO-EVAPO-PLUVIOMÉTRICO PARA
ESTUDOS AGROCLIMÁTICOS

Autor: GENÁRIO JOSÉ DA MATA

Orientador: Prof. Dr. Nilson Augusto Villa Nova

R E S U M O

No presente trabalho, foram realizados estudos sobre a possibilidade de simplificação de instrumentos e medidas convencionais de alguns parâmetros meteorológicos para fins agrometeorológicos.

Com base nos resultados obtidos, recomenda-se um tipo simplificado de evaporímetro de solo nu, para fins de balanço hídrico da propriedade agrícola. Estudou-se um modelo de abrigo termométrico simplificado, menos dispendioso que o padrão convencional.

Na busca de definição da umidade relativa média do ar com apenas uma leitura diária, para maior simplicidade operacional da Estação Agrometeorológica, propõe-se um método de estimativa da mesma através de conjuntos psicrométricos constituídos de dois pa-

res de termômetros de máxima e mínima, de bulbos secos e de bulbos úmidos, obtendo-se resultados consistentes quando comparados com aqueles obtidos pelo termohigrógrafo convencional.

A MODEL OF THERMO-EVAPO-PLUVIOMETRIC
STATION FOR A AGROCLIMATIC STUDIES

Author: GENÁRIO JOSÉ DA MATA

Adviser: Prof. Dr. Nilson Augusto Villa Nova

S U M M A R Y

In this work, studies have been carried out on the possibility of instrument simplification and conventional measurement of some meteorological parameters for agrometeorological purposes.

Based on the results obtained, it is recommended that a simplified bare soil evaporimeter be used for hydric balance of an agricultural area.

A simplified thermometric housing was studied, less expensive than the traditional one.

In order to define the relative average air humidity with only one daily reading, for greater operational simplicity of the agrometeorological station, an estimating method is proposed, having two maximum and minimum psychometric sets of thermometers dry and wet, presenting consistent results when compared with those obtained by the traditional thermohygrograph.

1. INTRODUÇÃO

A instalação e manutenção de postos termo-~~evapo~~-pluviométricos nas propriedades agrícolas é prática que deve ser aconselhada e incentivada pelos organismos responsáveis pela prestação de serviços à comunidade, considerando a importância das observações meteorológicas na prática de uma agricultura mais técnica e melhor planejada.

Como a agricultura moderna, em sua fase mais tecnificada, exige o conhecimento das condições do meio que afetam as plantas e os animais, é de todo interesse que o empresário agrícola instale sistemas de medida dos elementos do clima, não para condições de macro-ambiente, mas, sim, para conhecer o que se passa no meso e no micro-ambiente, correlacionando estas variações com a produção vegetal ou animal.

Segundo a W.M.O. (1961), o programa de observações para uma estação agrometeorológica inclui observações do meio físico como temperatura e umidade do ar em diversos níveis, turbulência do ar na camada de ar próxima ao solo, hidrometeoros e balanços hídricos, e observações de natureza biológica, como observações fenológicas, observações do crescimento vegetal, produção das plantas e efeitos danosos do tempo sobre os vegetais.

Na literatura agroclimatológica já se tem conhecimento de inúmeros métodos que permitem a orientação do produtor naquilo que se refere ao planejamento de plantio e colheita, as operações de máquinas agrícolas na fazenda e ao manejo de sistemas de irrigação. Para que estes métodos possam ser aplicados e necessário conhecer-se a variação estacional de alguns elementos do clima local, porque toda metodologia até aqui desenvolvida baseia-se em modelos estatísticos que têm as condições do tempo como variáveis aleatórias.

A observação dos elementos do clima para aplicações agrícolas, em postos meteorológicos, traz inúmeros problemas aos usuários e podem ser resumidos nos seguintes itens:

- a) alto custo do equipamento necessário a uma estação agrometeorológica ou agroclimatológica principal, assim como sua manutenção;
- b) número de horas de observações diárias, que exige a assistência permanente de dois observadores;

c) a estação não pode ser removida com facilidade para diferentes locais, mesmo sendo uma estação agroclimatológica ordinária.

Todos os inconvenientes citados servem como principais empecilhos à adoção, por parte dos agricultores, de uma metodologia mais tecnicada com base nas relações quantitativas planta-ambiente ou animal-ambiente.

Visando auxiliar o agricultor para que adquira condições de observação dos elementos do clima, é que procurou-se desenvolver um modelo de posto termo-evapo-pluviométrico, de baixo custo e de fácil instalação para estudos agroclimáticos.

Neste modelo simplificado inclui-se, ainda, um equipamento para a realização de balanço hídrico do solo, que integra chuva e evaporação simultaneamente, possibilitando, a qualquer tempo, uma boa estimativa do déficit hídrico do solo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Para se estimar as necessidades de irrigação, é frequente a utilização do método de balanço da água no solo. Por este método, a evapotranspiração é determinada pela diferença entre a chuva medida e a variação de armazenamento da água no perfil do solo, estimada ou medida pelo processo gravimétrico, pela sonda de nêutrons, pelo método tensiométrico, etc.

O método do balanço hídrico é pouco preciso quando empregado para períodos menores que cinco dias, sendo trabalhoso e requerendo um equipamento sofisticado e por vezes de difícil manuseio. Para simplificar este tipo de medida, vários pesquisadores desenvolveram modelos rústicos de integradores de evaporação e chuva, que confrontam estas duas variáveis, mostrando, de maneira simples, o déficit hídrico do solo, com razoável precisão.

STANHIL (1958) desenvolveu um sistema integrador de evaporação e chuva, constituído de um evaporímetro, um reservatório e um pluviômetro, acoplados de tal forma que a quantidade de água no instrumento, a qualquer tempo, correspondia à quantidade de água retida no solo. Neste sistema, a água de chuva ou irrigação era coletada pelo medidor de precipitação e armazenada em um reservatório. A capacidade do reservatório, quando cheio, era equivalente à quantidade de água disponível à cultura quando o solo está na capacidade de campo. Os resultados obtidos, usando esse "indicador de irrigação" em condições de campo e em casas-de-vegetação, mostraram que o sistema era tão preciso quanto qualquer outro método, e tinha a vantagem de dar uma indicação direta do déficit de umidade do solo. Além de simples, o sistema era de baixo custo.

O uso de um instrumento que permitisse a medida da evapotranspiração potencial e ainda armazenasse a água de chuva ou de irrigação, foi recomendação de BOWER (1959). Este equipamento permitia a indicação de déficits de água no solo, porque era possível, através de controles especiais ajustáveis, representar a capacidade de campo e o tempo de irrigação.

De acordo com OUELLET e LAPORTE (1962), pode-se montar um sistema integrador de chuva e evapotranspiração com qualquer evaporímetro, utilizando-se da fórmula

$$D_c = D_e \sqrt{K} \quad ,$$

onde, D_c é o diâmetro do cilindro integrador, D_e é o diâmetro do evaporímetro, e K é a relação conhecida entre a evaporação do evaporímetro utilizado e a evapotranspiração potencial. Os autores testaram um instrumento integrador resultante da aplicação da fórmula anterior, constituindo-se de um evaporímetro Wright AP, um cilindro integrador acoplado a um pluviômetro do mesmo diâmetro para realizar a coleta de chuva, e de alguns acessórios. Através de análise de regressão múltipla, estudaram a influência conjunta e isolada de quatro elementos meteorológicos (temperatura máxima do ar, insolação, vento e déficit de saturação) sobre o integrador, um evaporímetro Wright AP e um tanque "Classe A" enterrado. Os resultados mostraram que o integrador responde, de maneira satisfatória, a ação dos elementos do clima, e seus resultados são comparáveis aos obtidos do evaporímetro Wright AP e o tanque "Classe A". O uso do integrador para determinar o tempo de irrigação e a quantidade de água a ser aplicada mostrou ser bastante promissor.

WINTER (1963) desenvolveu um indicador de déficit de umidade do solo desprovido de válvula, pois a superfície evaporante era localizada internamente, no centro de um funil receptor de chuva ou de água de irrigação, e retirava água por capilaridade, diretamente do reservatório de água coletada. Os resultados obtidos foram suficientemente precisos para propósitos de irrigação.

Com relação a umidade relativa do ar, Olivier (1961) citado por OLIVEIRA (1969) relata algumas fórmulas para a obtenção

da umidade relativa do ar adotadas por diversos países, a saber (*):

$$\text{EGITO E SUDÃO:} \quad \text{UR} = \frac{1}{2} (\text{ur}_8 + \text{ur}_{20})$$

$$\text{INDIA E PAQUISTÃO:} \quad \text{UR} = \frac{1}{2} (\text{ur}_8 + \text{ur}_{17})$$

$$\text{AUSTRÁLIA:} \quad \text{UR} = \text{ur}_9$$

$$\text{INGLATERRA:} \quad \text{UR} = \frac{1}{2} (\text{ur}_9 + \text{ur}_{21})$$

$$\text{ESTADOS UNIDOS:} \quad \text{UR} = \frac{1}{2} (\text{ur}_8 + \text{ur}_{20})$$

Os serviços meteorológicos nacionais adotam as seguintes fórmulas:

$$\text{UR} = \frac{1}{3} (\text{ur}_7 + \text{ur}_{14} + \text{ur}_{21}) \quad (\text{CIA})$$

$$\text{UR} = \frac{1}{3} (\text{ur}_9 + \text{ur}_{15} + \text{ur}_{21}) \quad (\text{SM-MA})$$

De acordo com MIDDLETON *et alii* (1953), nas estações termo-pluviométricas ordinárias são feitas apenas observações das temperaturas máxima e mínima do ar e da precipitação em 24 horas.

(*) UR = umidade relativa média do ar; ur = umidade relativa do ar, anotada na hora de leitura representada pelo índice numérico.

Segundo RAHN e BROWN (1971), embora as temperaturas no interior de um abrigo padrão sejam úteis nas investigações climatológicas, os valores máximos e mínimos de temperatura do ar num dossel de plantas diferem dos valores do abrigo, e as diferenças variam com as condições meteorológicas e de superfície.

De acordo com a W.M.O. (1965), os problemas relacionados à ventilação no interior de um abrigo termométrico padrão (STEVENSON SCREEN), como um resultado de medidas falsas de umidade do ar, podem ser atenuados com a utilização de um reservatório feito de material poroso, como fonte de suprimento de água para os termômetros de bulbo úmido, com a finalidade de permitir a evaporação da água através dos poros naturalmente. A vantagem de se usar tal reservatório é que a evaporação natural causará um resfriamento do conteúdo de água no recipiente, diminuindo assim as necessidades de ventilação para permitir uma medida de temperatura mínima do bulbo úmido.

Muitos processos fisiológicos nas plantas superiores se realizam entre as temperaturas de 0 a 40 °C. Existe, portanto, uma larga variação de temperatura para o crescimento vegetal, apesar de algumas culturas adaptarem-se somente a temperaturas do ar relativamente baixas, outras a temperaturas moderadas e algumas espécies, ou mesmo híbridos, exigem temperaturas elevadas. Sob o ponto de vista agrônomo, a temperatura é considerada como o principal elemento de clima de importância para o crescimento, para o desenvolvimento e produção vegetal.

Em termos de atividade vital na planta, pode-se admitir uma temperatura mínima abaixo da qual nenhuma atividade ocorre, uma temperatura ótima que corresponderia a uma atividade máxima, e uma temperatura extrema superior na qual a atividade é zero novamente.

Existem numerosos métodos para avaliar os efeitos da temperatura do ar no crescimento vegetal. Uma revisão extensiva foi apresentada por KLAGES (1942), sobre as vantagens e desvantagens do uso de vários índices de eficiência da temperatura na duração do período de crescimento e nas unidades de calor, assim como índices fisiológicos.

Nesses estudos, a importância das temperaturas extremas mostra ser bastante grande.

Tomando por base as dificuldades do uso de estações agroclimatológicas principais ou ordinárias, e a importância do balanço hídrico e das temperaturas extremas do ar para se conhecer o comportamento das plantas, foi que a proposição desses estudos tornou-se possível.

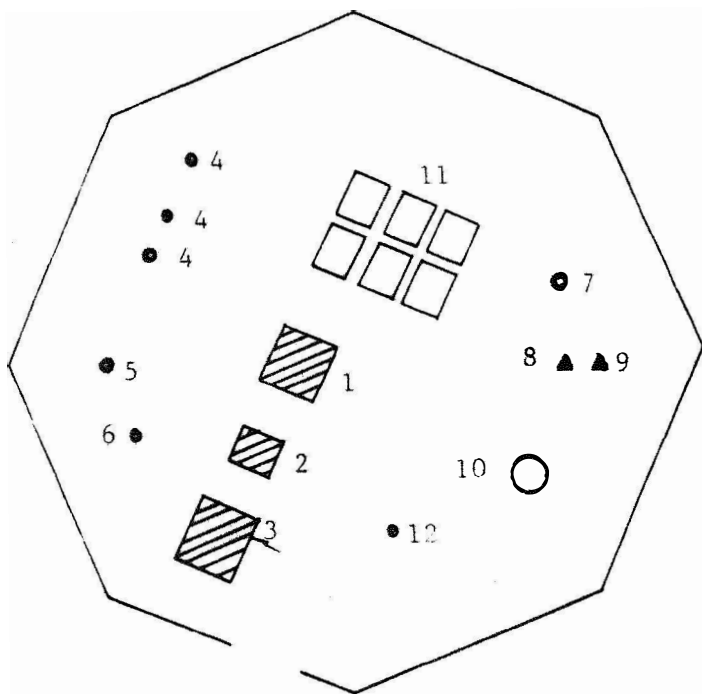
3. MATERIAL

O presente estudo foi desenvolvido na Estação Evaporimétrica do Departamento de Física e Meteorologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, em Piracicaba, Estado de São Paulo, na posição de:

Latitude	22 ^o 42'S
Longitude	47 ^o 38'W
Altitude	586 m .

A Figura 1 mostra, de forma esquemática, a distribuição dos equipamentos instalados na área experimental.

O solo utilizado nos evaporímetros foi classificado como Terra Roxa Estruturada, a nível de grande grupo pela Comissão de Solos, e como Alfisol, segundo a sétima aproximação (RANZANI *et alii*, 1966).



LEGENDA

1. Abrigo termométrico tradicional
2. Anemógrafo
3. Casa do observador
4. Pluviômetros modelo HH
5. Pluviôgrafo FUESS
6. Para-raios
7. Tanque GGI-3000
8. Actinógrafo
9. Heliógrafo
10. Tanque "Classe A"
11. Evapotranspirômetros
12. Mastro para estudo de perfis até 10 m
13. Radiômetros evaporimétricos
14. Tanque 20 m²
15. Anemômetro a 2,0 m do solo
16. Anemômetro 0,5 m do solo
17. Tanque "Classe A" sifonado
18. Sistema evapopluviométrico
19. Abrigos termométricos em experimento.

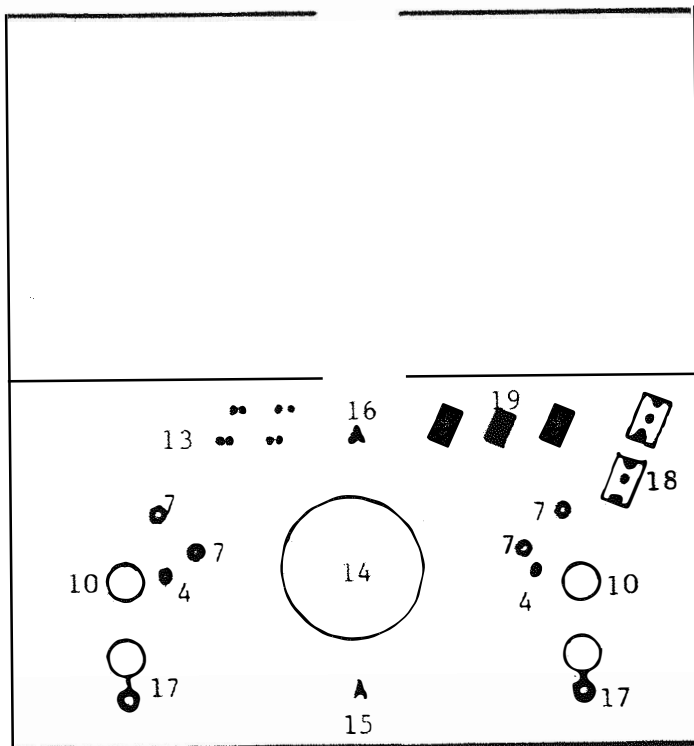


Figura 1 - Planta baixa da área em que foi conduzido o experimento.

As principais características físicas deste solo encontram-se na Tabela 1, e as curvas de retenção de água e condutibilidade hidráulica estão resumidas nas Figuras 2 e 3.

3.1 - Estação Termo-Evapo-Pluviométrica

Esta estação constitui-se de dois conjuntos evapo-pluviométricos e de três abrigos termométricos, sendo que em cada abrigo existiam dois termômetros de máxima (de bulbo seco e de bulbo úmido) e dois termômetros de mínima (de bulbo seco e de bulbo úmido) (Figuras 4, 5 e 6).

Cada sistema evapo-pluviométrico constou de um pluviômetro (P) e um evaporímetro (E) alimentado com sub-irrigação (Vi de Figura 4).

O evaporímetro foi construído em PVC rígido, com as seguintes dimensões: 32 cm de altura e 26 cm de diâmetro. Uma camada de 12 cm de solo peneirado, classificado como Terra Roxa Estruturada, foi suspensa por uma superfície circular (S) de PVC, com inúmeras perfurações, sob uma tela de arame (T), de modo que a superfície superior desta camada de solo constituía a superfície evaporante. O nível do lençol freático é constante e ficou a 12 cm desta superfície.

O evaporímetro comunicava-se com um cilindro integrador de evaporação (CE), construído em PVC, com diâmetro de 7,8 cm e 72 cm de altura, estabelecendo-se uma relação de área entre este cilindro e o evaporímetro.

Tabela 1 - Características físicas do solo Terra Roxa Estruturada, segundo REICHARDT, 1976a.

Profundidade (cm)	pH em água	C Orgânico (%)	Superfície específica (m.g ⁻¹)	Massa específica do solo (g.cm ⁻¹)	Massa específica das partículas (g.cm ⁻³)	Porosidade total (m.cm ⁻³)	Teor de argila	Teor de areia	Teor de silte
15	5,3	1,46	80,0	1,439	2,72	0,484	43,8	43,2	13,0
45	5,7	0,97	91,0	1,445	2,71	0,465	54,8	33,1	12,1
74	5,7	1,08	92,0	1,322	2,71	0,516	58,3	30,1	11,6
105	5,9	0,59	100,6	1,256	2,71	0,536	55,9	31,5	12,6
135	5,8	0,61	119,0	1,180	2,70	0,562	53,3	33,7	13,0
165	6,0	0,68	123,7	1,180	2,80	0,562	52,8	35,0	12,2

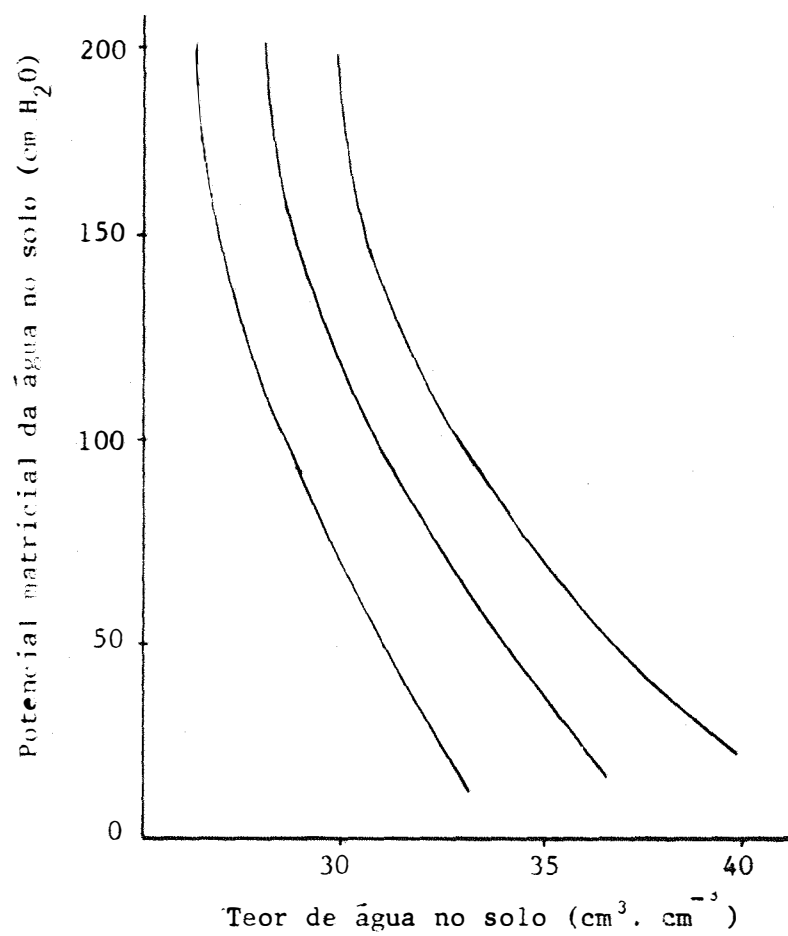


Figura 2 - Curvas médias de retenção da água no solo, para todas as profundidades. A área entre as curvas externas representa o intervalo $m \pm \sigma$. (REICHARDT *et alii*, 1976b).

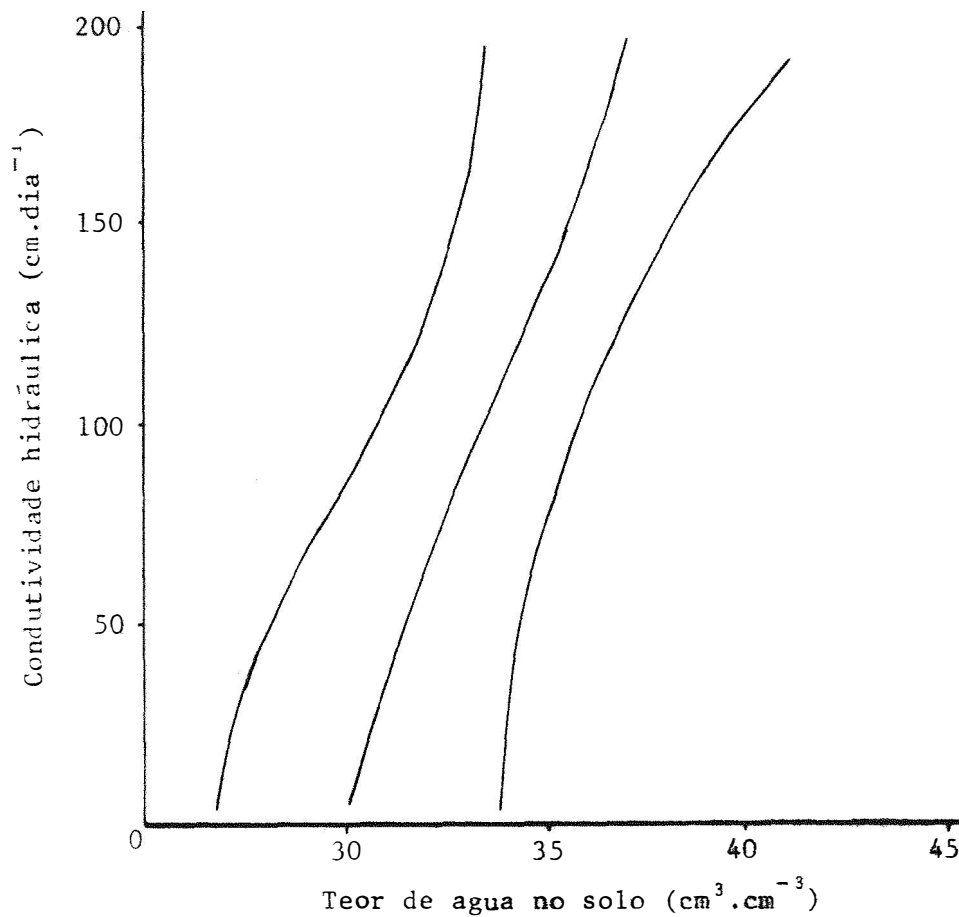


Figura 3 - Curvas médias de condutividade hidráulica, como uma função do teor de umidade do solo, para todas as profundidades. A área entre as curvas externas representa o intervalo $\bar{m} \pm \sigma$. (REICHARDT *et alii*, 1976b).

O cilindro integrador de evaporação era equipado com uma escala graduada em milímetros, e possuía um orifício (O) na parte superior, de modo a permitir a drenagem da água acima da capacidade de campo.

Entre o cilindro integrador e o evaporímetro foi intercalada uma caixa de passagem (CP), construída em chapa galvanizada nº 22 (AWG), na qual um sistema de bôia controlava a admissão de água. As ligações "cilindro integrador - caixa de passagem - evaporímetro" foram feitas com tubos plásticos (TP) transparentes e flexíveis.

Foram utilizadas duas placas circulares de lucite (PL) de 50 cm de diâmetro, suspensas a uma altura de 10 cm da superfície evaporante, para proteção contra chuvas. Um dos evaporímetros ficou coberto durante o experimento, enquanto o outro só por ocasião de chuvas e durante a noite.

Um reservatório cilíndrico (RC), com a finalidade de integrar a precipitação foi colocado no interior de um pluviômetro modelo HH de 20,2 cm de diâmetro. O reservatório, de altura igual a 42 cm e com um diâmetro de 9,2 cm, possuía uma escala graduada em milímetros. Este cilindro integrador de chuva era conectado ao cilindro integrador de evaporação, por meio de um registro (R) e tubos plásticos transparentes e flexíveis (TP).

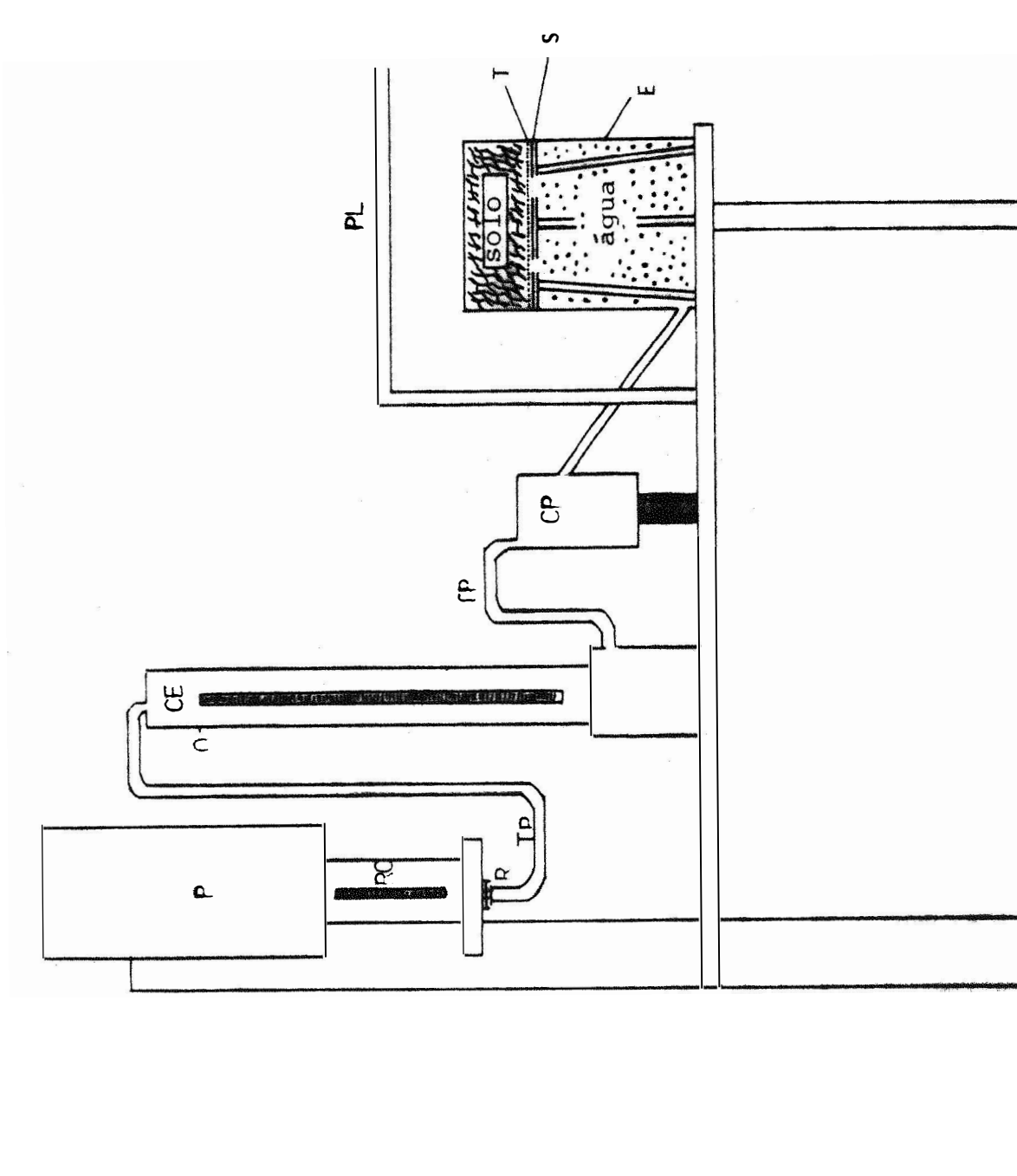


Figura 4 - Sistema evapo-pluviométrico.

Os detalhes do material utilizado e o esquema do abrigo termométrico proposto estão na Figura 5 e 6.

A superfície externa do abrigo foi pintada de branco e a interna de preto fosco.

As observações de temperatura e umidade relativa do ar, para fins de comparação, foram obtidas através dos equipamentos instalados no interior de um abrigo termométrico, modelo convencional, constituído por uma caixa de madeira pintada, externa e internamente, com tinta branca de alta refletividade, com paredes em venezianas.

3.2 - Equipamentos de Medida

As temperaturas máxima e mínima do ar, foram obtidas diariamente, através de termômetros de fabricação FUESS, modelos 43 c/50 e 43 d/40, respectivamente.

O termo-higrógrafo utilizado era de fabricação FUESS, modelo 19r, de rotação semanal, devidamente calibrado e com uma precisão de 5%.

A fim de comparar os resultados de umidade relativa do ar obtidos, foi utilizado um psicrômetro (de corda) de fabricação FUESS, modelo 32, que é constituído por dois termômetros montados num suporte metálico de paredes duplas, juntamente com um aspirador ASSMAN.

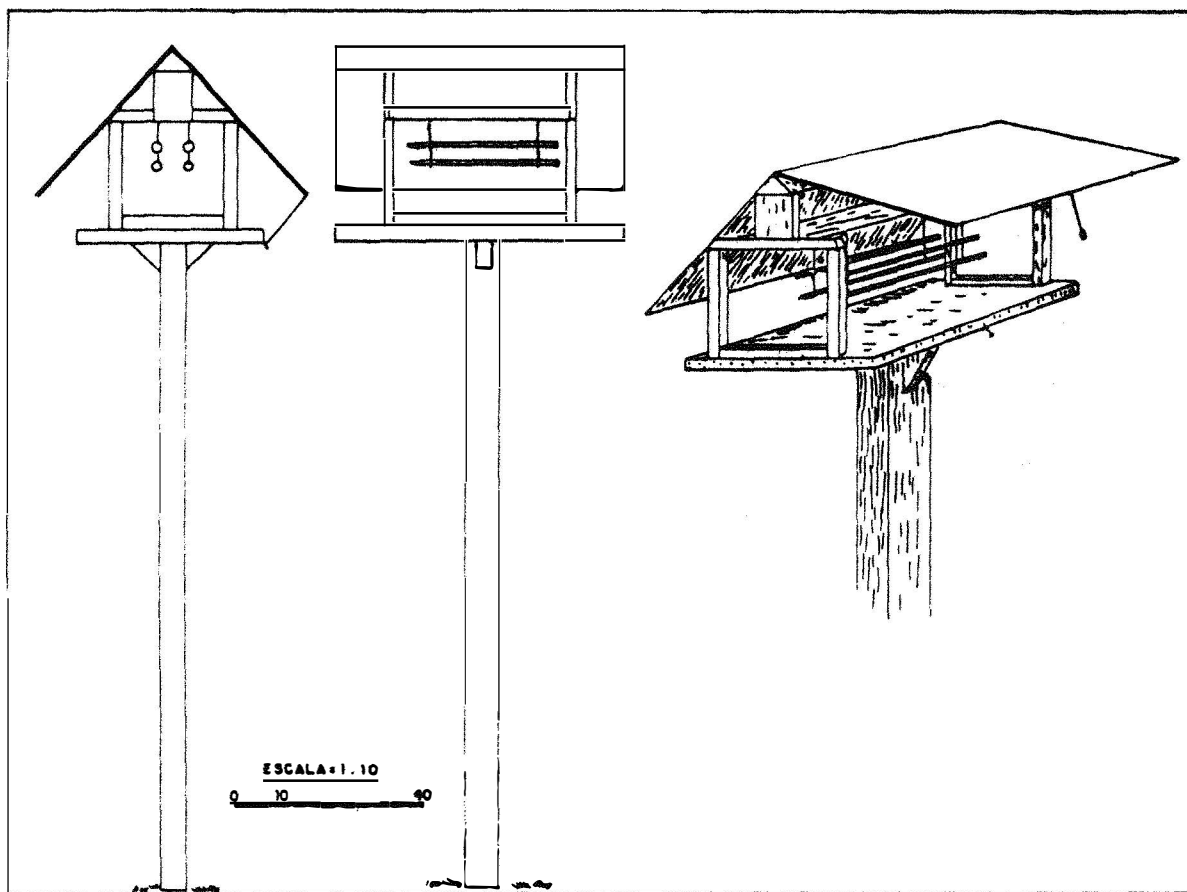


Figura 5 - Esquema do abrigo termométrico proposto.

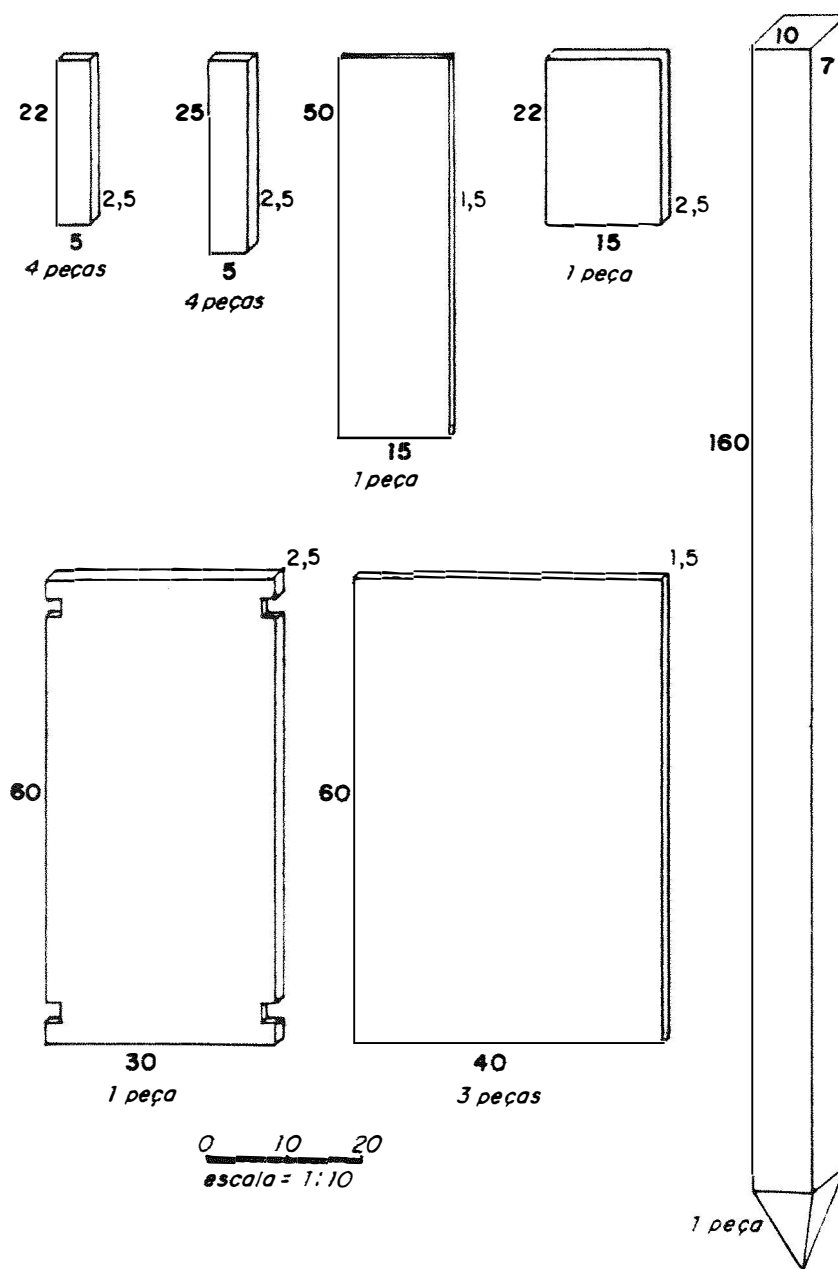


Figura 6 - Detalhes do material utilizado no abrigo termométrico proposto

O anemômetro utilizado era de fabricação FUESS, modelo 91g, instalado ao nível de 2,0 m da superfície do solo.

As observações de insolação foram feitas com heliógrafo tipo Campbell-Stokes, de fabricação FUESS, modelo 96c.

Para a medida da radiação solar global, foi utilizado um piranômetro Eppley espectral, fabricado pela Eppley Laboratory Inc., de Newport, R.I., U.S.A. Este piranômetro possui resistência interna de 660 ohms a 24°C e compensação para temperatura entre -20 a +40°C. As hemisferas que o aparelho possui são filtros WG-7, que permitem a passagem de radiação de comprimentos de onda desde 0,285 a 2,8 μ .

Na medida da radiação solar global utilizou-se, acoplado ao piranômetro, um potenciômetro portátil número L 700009, tipo 44228, fabricado pela Cambridge Instrument Co., da Inglaterra; este potenciômetro mede diferenças de potencial até 101 milivolts, sendo sua precisão de mais ou menos 0,1%.

4. MÉTODOS

Diariamente, às 7:00 horas, media-se a precipitação através de uma escala graduada em milímetros, acoplada externamente ao cilindro integrador localizado no interior do pluviômetro.

Os valores referentes à evaporação, anotados pela manhã e à tarde, foram obtidos com o auxílio de uma escala graduada em milímetros, localizada na parte externa do cilindro integrador de evaporação.

As leituras relacionadas à temperatura do ar, nos abrigos experimentais e no abrigo convencional, foram realizadas diariamente, às 7:00 horas, sendo as temperaturas indicadas pelos termômetros de máxima e de mínima relativas ao dia anterior e ao dia de observação, respectivamente.

As medidas de temperatura foram realizadas no perío-

do de 12/10/78 a 28/02/79 (140 dias) e as de evaporação no período de 01/05/79 a 09/06/79 (40 dias).

4.1 - Estimativa da Evaporação Potencial

Para estimativa da evaporação potencial foi utilizada a metodologia proposta por PENMAN (1963), cuja expressão é:

$$EV = \frac{\frac{\Delta}{\gamma} H + E_a V}{\frac{\Delta}{\gamma} + 1}$$

onde: EV = evaporação, em mm/dia;

H = balanço de energia diário, em mm/dia;

$E_a V$ = poder evaporante do ar;

Δ = tangente à curva de saturação de vapor;

γ = constante psicrométrica para o psicrômetro não ventilado e igual a 0,6.

Os termos são calculados em função dos parâmetros meteorológicos, da seguinte maneira:

- a) Termo $\frac{\Delta}{\gamma}$: determinado em função da temperatura média diária do ar (Tabela 2);

Tabela 2 - Valores de Δ/γ entre 1 e 40°C (VILLA NOVA, 1967).

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

b) Termo H (balanço de energia diário): determinado em função da equação:

$$H = \frac{Q_0}{58} \left(0,24 + 0,58 \frac{n}{N} \right) (1-r) - \frac{\sigma T_a^4}{59} \left(0,56 - 0,09 \sqrt{e_a} \right) \left(0,1 + 0,9 \frac{n}{N} \right) ,$$

onde os termos significam:

Q_0 = constante solar ao nível diário (cal/cm².dia), determinada pela Tabela 3, em função da latitude e época do ano;

n = insolação diária em horas e décimos;

N = comprimento do dia, em horas e décimos, dado pela Tabela 4, em função do mês e latitude do local;

r = albedo médio de uma superfície natural de Terra Roxa Estruturada, tomado como 0,11 (SANTOS, 1957);

σT_a^4 = produto da quarta potência da temperatura média diária do ar, expressa em °K, pela constante de STEFAN-BOLTZMANN (Tabela 5);

e = valor médio diário da pressão parcial de vapor d'água do ar, em mm Hg, calculado pela expressão:

$$e = \frac{UR}{100} \cdot e_s ,$$

onde UR é a umidade relativa média diária, obtida no Posto Meteorológico, e e_s é a tensão de saturação de vapor d'água em mm de Hg obtida em função da temperatura média diária (Tabela 6).

Tabela 3 - Radiação solar recebida no limite mais externo da atmosfera no 15º dia de cada mês entre latitudes 10°N - Equador, e 40°S (cal/cm².dia). (Valores de Q₀). (LIST, 1951).

LATITUDE	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
10°N	761	814	873	885	873	867	873	879	867	826	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	637	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	1003
26°S	997	926	802	661	543	496	519	626	761	891	974	1015
28°S	1003	920	791	643	519	460	496	602	743	885	979	1021
30°S	1003	920	779	620	496	437	472	578	732	873	979	1027
32°S	1009	909	767	596	472	407	448	555	714	867	979	1033
34°S	1009	903	743	578	448	378	313	531	696	861	979	1038
36°S	1009	897	732	555	419	354	389	507	673	850	979	1038
38°S	1009	885	714	531	389	330	366	484	649	838	974	1044
40°S	1003	879	690	507	360	295	336	460	631	826	968	1044

Tabela 4 - Duração máxima da insolação diária, em horas, nos vários meses do ano e latitude de 10°N e 40°S. Os valores correspondem ao 15º dia de cada mês. (Valores de N). (LIST, 1951).

LATITUDE	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	10,3	9,7	10,0	10,7	11,9	13,0	14,0	14,6
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

Tabela 5 - Valores de σT_a^4 (cal/cm².dia) para temperaturas entre 280,0 e 311,5^oK. (VILLA NOVA, 1967).

T_a	σT_a^4	T_a	σT_a^4	T_a	σT_a^4	T_a	σT_a^4
280,0	732	288,0	819	296,0	914	304,0	1017
280,5	737	288,5	825	296,5	921	304,5	1024
281,0	742	289,0	830	297,0	927	305,0	1031
281,5	747	289,5	836	297,5	933	305,5	1038
282,0	753	290,0	842	298,0	939	306,0	1044
282,5	758	290,5	848	298,5	946	306,5	1051
283,0	763	291,0	854	299,0	952	307,0	1058
283,5	769	291,5	860	299,5	958	307,5	1065
284,0	775	292,0	866	300,0	964	308,0	1072
284,5	781	292,5	872	300,5	970	308,5	1079
285,0	786	293,0	878	301,0	978	309,0	1089
285,5	792	293,5	884	301,5	984	309,5	1093
286,0	797	294,0	890	302,0	991	310,0	1100
286,5	803	294,5	896	302,5	998	310,5	1108
287,0	808	295,0	902	303,0	1004	311,0	1115
287,5	814	295,5	908	303,5	1010	311,5	1123

Tabela 6 - Tensão máxima do vapor, sobre água, em milímetros (LIST, 1951).

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

Tabela 6 - continuação.

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

c) O termo $E_a V$ (mm/dia), é estimado através da expressão a seguir:

$$E_a V = 0,35 \left(0,5 + \frac{U}{160} \right) (e_s - e_a) ,$$

onde: U = velocidade do vento (média diária), em km/dia;

$(e_s - e_a)$ = déficit de saturação de vapor d'água no ar, em mm Hg;

$E_a V$ = poder evaporante do ar (mm/dia).

4.2 - Estimativa da Umidade Relativa do Ar Atmosférico a Partir dos Valores de Temperatura Obtidos dos Abrigos Experimentais

As umidades relativas máxima e mínima diária do ar, utilizando valores de temperatura dos abrigos experimentais, foram calculadas através da equação:

$$UR = \frac{e}{e_s} \cdot 100 ,$$

onde, e e e_s indicam tensão parcial e de saturação de vapor d'água do ar respectivamente, estimados por meio da equação psicrométrica e da fórmula de Tetens.

A umidade relativa média do ar foi estimada através da equação:

$$UR_M = \frac{UR_{\text{máx.}} + UR_{\text{mín.}}}{2} ,$$

onde: $UR_{\text{máx.}}$ é a umidade relativa máxima, obtida através dos dados de temperatura dos abrigos experimentais;

$UR_{\min.}$ é a umidade relativa mínima, obtida através dos valores de temperatura dos abrigos experimentais;

UR_M é a umidade relativa média do ar.

4.3 - Procedimentos Estatísticos

Para comparar a eficiência dos abrigos termométricos experimentais com a eficiência do abrigo termométrico convencional, adotou-se o esquema de análise de variância em blocos casualizados (PIMENTEL GOMES, 1978), conforme discriminação abaixo.

Causas de Variação	Graus de liberdade
Blocos (Dias de observação)	139
Tratamentos (Abrigos)	3
Resíduo	417
Total	559

A metodologia estatística utilizada para comparação dos valores de evaporação, obtidos pelos dois sistemas evaporimétricos, foi a de ensaios inteiramente casualizados, conforme esquema a seguir (PIMENTEL GOMES, 1978).

Causas de Variação	Graus de liberdade
Tratamentos (Sistemas evapori- métricos)	1
Resíduo	78
Total	79

Os valores representativos da evaporação, obtidos pelos dois sistemas evapormétricos e estimados pela fórmula de PENMAN (1963), foram comparados através do seguinte modelo de regressão linear:

$$y_i = a + bx_i + e_i \quad .$$

5. RESULTADOS

5.1 - Relativos à Eficiência do Modelo de Abrigo Termométrico Proposto

Os valores de temperaturas máxima e mínima do ar correspondentes aos termômetros de bulbos secos, obtidos através do abrigo termométrico convencional (ATC) e dos abrigos termométricos experimentais (ATE-1, ATE-2, ATE-3), estão relacionados na Tabela 7.

A Tabela 8 apresenta os resultados de temperaturas mínima e máxima do ar correspondentes aos termômetros de bulbos úmidos, obtidos a partir dos termômetros colocados no interior dos abrigos termométricos experimentais (ATE-1, ATE-2, ATE-3).

A análise estatística dos dados referentes à Tabela 7, revelou os resultados apresentado a seguir.

Tabela 7 - Valores, em °C. de temperaturas máxima e mínima do ar, correspondentes aos termômetros de bulbos secos, obtidos do abrigo termométrico convencional (ATC) e dos abrigos termométricos experimentais (ATE-1, ATE-2, ATE-3), no período de 12/10/78 a 28/02/79. Piracicaba, SP.

DIAS	TEMPERATURA MÁXIMA				TEMPERATURA MÍNIMA			
	ATC	ATE-1	ATE-2	ATE-3	ATC	ATE-1	ATE-2	ATE-3
1	29,8	29,7	29,8	29,7	13,4	15,3	15,2	15,2
2	32,0	32,1	32,2	31,8	12,2	13,7	13,6	13,5
3	35,0	34,9	34,8	34,7	15,2	16,7	16,5	15,1
4	28,0	28,2	27,9	27,9	15,4	16,9	16,9	16,9
5	31,4	31,1	31,0	30,9	15,0	16,6	16,6	16,5
6	32,2	32,1	32,5	32,1	15,6	17,0	16,9	16,9
7	32,9	32,9	32,9	32,9	15,0	16,4	16,4	16,4
8	33,3	33,2	33,8	33,7	17,0	18,2	18,2	17,8
9	28,2	27,8	27,7	27,7	13,0	14,4	14,3	14,3
10	28,2	27,6	27,5	27,6	11,9	13,3	13,2	13,2
11	28,8	27,9	27,8	27,7	11,0	12,7	12,6	12,5
12	30,0	29,5	29,5	29,5	12,4	13,6	13,6	13,6
13	31,9	31,7	31,6	31,7	14,3	15,2	15,4	15,4
14	34,6	34,2	34,3	34,4	15,3	16,5	16,5	16,3
15	35,2	35,0	35,1	35,1	18,6	19,7	19,7	19,6
16	35,5	35,3	35,1	35,1	20,2	21,0	21,1	21,0
17	32,9	33,2	33,3	33,2	17,4	19,1	19,0	18,9
18	31,0	30,2	30,3	30,3	17,9	19,2	19,1	19,1
19	28,6	28,0	28,1	28,1	17,1	18,4	18,6	18,5
20	32,8	33,2	32,1	32,2	18,7	20,0	20,0	19,9
21	29,8	29,5	29,5	29,4	17,4	18,6	18,7	18,6
22	29,8	29,3	29,3	29,3	16,4	17,9	17,9	17,8
23	30,0	29,8	29,7	29,7	16,9	18,1	18,1	18,0
24	30,0	30,0	29,9	30,0	17,6	19,7	20,0	20,0
25	27,4	27,2	27,3	27,4	18,2	19,1	19,2	19,0
26	20,2	20,4	20,4	20,5	11,9	13,3	13,1	13,3
27	26,5	26,2	25,9	26,1	13,5	14,8	14,9	14,7
28	30,4	30,1	30,1	30,2	14,2	15,6	15,6	15,5
29	31,0	30,5	30,7	30,6	16,0	17,5	17,4	17,2
30	31,0	31,0	30,9	30,9	17,4	18,8	18,8	18,6
31	27,0	26,8	26,7	26,8	16,6	18,0	17,8	17,7
32	24,8	24,5	24,6	24,6	15,4	16,8	16,8	16,6
33	23,0	22,5	22,5	22,4	12,2	13,8	13,7	13,7
34	27,9	27,2	27,1	27,1	13,4	14,3	14,2	14,2
35	28,2	27,6	27,4	27,4	11,4	12,8	12,7	12,7

Tabela 7 - continuação.

DIAS	TEMPERATURA MÁXIMA				TEMPERATURA MÍNIMA			
	ATC	ATE-1	ATE-2	ATE-3	ATC	ATE-1	ATE-2	ATE-3
36	30,4	29,7	29,7	29,7	15,0	16,0	16,0	15,8
37	19,0	18,8	18,7	18,7	15,2	16,5	16,5	16,4
38	28,0	27,6	27,5	27,6	16,9	18,0	18,0	18,0
39	30,6	30,2	30,1	29,9	17,8	19,1	19,0	19,0
40	33,0	33,0	32,8	33,0	18,8	19,9	19,9	19,8
41	31,3	30,7	30,6	30,6	18,0	19,2	19,2	19,2
42	31,4	31,8	31,5	31,6	19,5	20,5	20,5	20,5
43	31,9	32,3	32,2	32,0	20,0	21,2	21,2	21,1
44	31,4	31,4	31,3	31,4	18,6	20,0	20,0	19,8
45	30,0	29,5	29,5	29,6	14,9	16,0	16,0	15,9
46	31,5	31,2	31,1	31,1	16,5	17,6	17,6	17,5
47	31,2	31,4	31,4	31,3	21,3	22,5	22,5	22,3
48	26,4	26,6	26,7	26,8	16,2	17,3	17,3	17,2
49	28,6	28,6	28,6	28,7	13,4	14,3	14,3	14,2
50	29,9	29,9	30,0	30,0	15,1	16,5	16,4	16,4
51	30,5	30,6	30,6	30,6	17,2	18,2	18,2	18,2
52	31,9	31,7	31,6	31,7	16,4	17,8	17,8	17,6
53	32,4	32,5	32,5	32,5	16,2	17,5	17,4	17,5
54	29,8	30,2	30,3	30,3	18,1	19,2	19,5	19,2
55	30,8	31,1	31,0	31,2	19,6	20,8	21,0	20,7
56	31,8	32,0	31,9	32,0	19,1	20,2	20,2	20,1
57	32,0	32,2	32,1	32,0	19,2	20,4	20,4	20,3
58	27,6	27,8	27,6	27,9	17,0	18,2	18,4	18,2
59	26,4	26,3	27,6	26,2	17,8	18,6	18,8	18,6
60	25,0	24,9	24,9	24,5	19,2	20,1	20,2	20,0
61	29,3	29,1	29,0	29,0	15,2	16,2	16,2	16,1
62	28,0	28,3	28,4	28,4	15,4	16,5	16,6	16,4
63	28,4	28,1	28,1	28,1	14,8	15,8	15,9	15,8
64	30,2	30,1	30,1	30,1	16,8	16,7	16,8	16,5
65	30,0	30,4	30,2	30,2	17,3	18,9	19,0	18,8
66	30,2	29,9	29,8	29,8	19,0	20,1	20,2	20,0
67	29,4	29,6	29,4	29,5	17,0	17,9	17,8	17,5
68	28,0	27,6	27,6	27,8	14,6	15,6	15,7	15,5
69	28,2	28,0	28,0	26,0	13,8	14,9	14,9	14,7
70	27,6	27,4	27,4	27,6	13,0	14,0	14,1	14,0

Tabela 7 - continuação.

DIAS	TEMPERATURA MÁXIMA				TEMPERATURA MÍNIMA			
	ATC	ATE-1	ATE-2	ATE-3	ATC	ATE-1	ATE-2	ATE-3
71	29,8	29,5	29,4	29,5	14,6	14,6	14,8	14,3
72	31,9	32,0	32,1	32,2	14,7	16,6	16,7	16,4
73	32,8	32,9	32,6	32,9	18,0	18,8	18,9	18,8
74	32,1	32,1	32,0	32,1	16,8	17,9	18,0	17,8
75	32,0	32,8	32,7	32,7	17,4	19,0	19,1	19,0
76	31,0	31,6	31,6	31,3	19,4	20,1	20,0	20,2
77	24,0	24,2	24,0	24,1	14,6	15,8	15,9	15,7
78	23,2	23,2	23,0	23,2	15,8	16,7	16,8	16,4
79	28,0	28,1	28,2	28,0	16,6	17,6	17,8	17,6
80	27,1	26,9	26,9	27,0	16,6	17,8	17,9	17,6
81	30,6	29,9	29,9	30,0	17,0	18,2	18,3	18,2
82	32,0	32,1	31,9	31,9	18,0	19,3	19,4	19,2
83	29,9	31,0	31,0	31,0	18,1	19,3	19,4	19,2
84	29,8	29,4	29,4	29,4	19,0	19,9	20,0	19,8
85	28,4	28,0	27,9	28,0	19,1	20,0	20,2	20,1
86	25,8	26,0	26,0	26,0	16,2	17,4	17,3	17,2
87	27,3	27,4	27,5	27,6	18,2	18,5	13,0	13,5
88	28,4	28,2	28,2	28,3	13,2	14,3	14,4	14,1
89	28,0	29,7	29,6	29,8	12,2	19,0	19,0	19,5
90	28,0	27,7	27,8	29,7	12,8	13,7	13,8	13,6
91	27,6	27,6	27,6	27,6	12,4	13,5	13,7	13,4
92	29,6	29,2	29,2	29,4	15,2	15,2	15,4	15,2
93	29,9	30,0	29,8	30,0	16,0	16,2	16,4	16,0
94	26,0	25,9	25,9	25,9	16,4	17,8	17,8	17,6
95	29,8	29,6	29,5	29,7	14,8	15,5	15,6	15,4
96	29,5	29,2	29,3	29,4	13,1	14,0	14,2	14,1
97	30,2	29,9	30,0	30,0	13,4	14,4	14,6	14,3
98	29,6	29,4	29,5	29,5	15,2	16,1	16,2	16,0
99	30,6	30,7	30,6	30,7	14,8	15,8	15,9	15,7
100	30,0	30,0	29,9	29,9	14,8	15,8	15,9	15,8
101	29,2	29,5	29,4	29,1	17,8	17,4	18,1	17,2
102	23,2	24,0	24,0	23,8	17,1	18,2	18,3	18,1
103	23,0	23,6	23,4	24,0	15,8	16,2	16,2	16,2
104	26,8	27,2	27,3	27,5	14,8	15,7	15,8	15,6
105	30,5	30,1	30,0	29,0	14,9	15,8	16,0	15,7

Tabela 7 - continuação.

DIAS	TEMPERATURA MÁXIMA				TEMPERATURA MÍNIMA			
	ATC	ATE-1	ATE-2	ATE-3	ATC	ATE-1	ATE-2	ATE-3
106	30,9	30,4	30,4	30,3	17,8	17,7	17,7	17,2
107	31,2	31,3	31,1	31,2	16,9	18,0	18,1	18,0
108	31,0	30,6	30,4	30,4	17,0	18,2	18,4	18,2
109	31,0	30,8	30,7	30,5	18,2	19,3	19,4	19,2
110	30,0	30,0	30,0	30,0	18,4	20,0	20,1	20,0
111	22,0	21,6	21,5	21,3	13,8	14,7	14,9	14,6
112	28,7	28,4	28,2	28,2	14,2	15,0	15,2	15,2
113	27,8	27,9	27,9	27,8	15,2	16,2	16,2	16,0
114	29,2	29,3	29,3	29,2	15,9	17,0	17,1	16,7
115	30,0	30,2	30,1	30,0	15,2	16,0	16,0	16,0
116	31,4	31,3	31,3	31,1	16,4	17,6	17,6	17,3
117	31,2	31,1	31,1	31,0	17,0	17,5	17,5	17,5
118	31,2	31,3	31,1	31,1	16,5	17,6	17,6	17,4
119	31,2	31,4	31,2	31,1	17,3	18,1	18,2	18,0
120	34,0	34,1	33,9	34,2	17,9	19,0	19,0	19,0
121	34,1	34,1	33,9	33,7	18,0	18,5	18,6	18,0
122	33,0	33,4	33,3	33,2	19,9	21,2	21,4	21,0
123	30,2	30,3	30,2	30,0	19,3	20,4	20,6	20,3
124	32,3	32,3	32,1	32,0	18,8	20,0	20,1	19,8
125	31,4	31,8	31,8	31,8	18,9	19,6	19,7	19,3
126	25,7	25,8	25,7	25,5	20,4	20,4	20,5	20,5
127	27,2	27,4	27,2	27,0	15,9	17,0	17,2	16,9
128	28,3	28,2	28,3	28,3	13,2	14,2	14,2	14,3
129	28,9	28,9	29,0	28,5	14,9	15,0	15,0	15,2
130	28,9	29,0	29,1	28,9	14,7	16,0	16,1	15,9
131	32,4	32,4	32,1	32,3	14,1	15,0	15,0	15,1
132	32,2	32,2	32,0	32,1	18,4	19,1	19,0	18,5
133	31,2	31,2	31,0	31,3	17,0	17,8	18,0	17,6
134	31,4	31,0	31,2	31,1	13,8	15,0	15,2	15,3
135	28,4	28,4	28,5	28,8	18,6	18,6	18,7	18,8
136	30,8	30,8	30,1	31,0	17,4	17,4	18,3	18,0
137	31,7	31,7	31,9	32,0	17,5	18,0	18,0	18,0
138	32,0	32,6	32,5	32,0	17,2	17,2	17,5	17,2
139	33,4	33,4	33,5	33,1	17,0	17,0	17,5	17,1
140	32,0	32,0	32,1	32,0	17,4	17,4	17,5	17,0

a) Temperatura Máxima Expressa pelo Termômetro de Bulbo Seco

Análise de Variância

Causas da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Dias	139	4.399,8104	31,6533	505,64
Abrigos	3	0,9968	0,3323	5,31**
Resíduo	417	26,1082	0,0626	
Total	559	4.426,9154		

C.V. = 9,37%

** = Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$).

Teste de Tukey

Abrigos	Média	Tukey (5%)
ATC	29,7	a
ATE-1	29,6	b
ATE-2	29,6	b
ATE-3	29,6	b

d.m.s. = 0,076

Obs.: As médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente, ao nível de 5% de probabilidade.

b) Temperatura Mínima Expressa pelo Termômetro de Bulbo Seco

Análise de Variância

Causas da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Dias	139	2.439,6960	17,5518	90,19
Abrigos	3	114,9464	38,3155	196,89**
Resíduo	417	81,1536	0,1946	
Total	559	2.635,7960		

C.V. = 2,59%

** = Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$).

Teste de Tukey

Abrigos	Média	Tukey (5%)
ATC	16,2	a
ATE-1	17,3	b
ATE-2	17,3	b
ATE-3	17,2	b

d.m.s. = 0,135

Obs.: As médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 8 - Valores, em °C, de temperaturas mínima e máxima, obtidos a partir dos termômetros de bulbos úmidos localizados no interior dos abrigos experimentais (ATE-1, ATE-2, ATE-3), no período de 12/10/78 a 28/02/79. Piracicaba, SP.

DIAS	TEMPERATURA MÍNIMA			TEMPERATURA MÁXIMA		
	ATE-1	ATE-2	ATE-3	ATE-1	ATE-2	ATE-3
1	14,70	14,30	14,70	21,10	21,60	21,40
2	13,10	12,60	12,90	31,40	31,30	31,30
3	14,80	13,60	14,60	21,60	22,00	22,90
4	16,90	16,50	16,90	22,20	22,30	22,30
5	16,20	15,80	16,10	22,20	22,20	22,20
6	16,80	16,00	16,70	22,10	22,50	22,50
7	16,10	15,80	16,00	22,20	22,60	22,70
8	17,80	17,40	17,80	21,80	22,00	21,90
9	13,70	14,30	13,60	21,30	22,30	21,30
10	12,80	12,50	12,80	20,40	20,50	20,60
11	12,00	11,70	11,90	17,70	19,50	18,70
12	13,30	13,40	13,60	24,30	24,10	24,10
13	15,20	15,00	15,30	23,40	21,30	22,00
14	14,30	14,50	14,40	20,80	20,90	22,10
15	16,70	17,00	16,80	21,50	21,30	22,20
16	18,50	18,60	18,70	21,30	21,30	21,70
17	18,60	18,40	18,20	22,80	23,00	25,10
18	18,60	18,50	18,70	26,80	24,70	28,10
19	18,30	18,10	18,20	23,00	22,90	23,00
20	18,90	18,70	18,80	23,80	23,80	23,90
21	18,30	18,30	18,40	23,90	24,00	23,80
22	17,20	17,00	17,10	22,50	22,70	22,60
23	18,00	17,60	17,70	24,70	23,80	23,00
24	18,80	18,00	18,50	23,50	23,50	23,00
25	18,90	18,80	18,90	22,70	22,60	22,80
26	13,20	13,10	13,20	19,50	19,50	19,60
27	13,80	13,70	13,70	20,10	20,40	20,20
28	14,80	15,20	14,80	21,00	20,80	20,00
29	16,80	17,00	16,90	21,70	21,90	22,00
30	18,00	18,00	18,00	22,20	22,80	21,70
31	17,70	17,50	17,60	23,60	23,70	23,90
32	16,30	16,20	16,20	21,70	21,60	21,60
33	13,70	13,60	13,70	19,20	19,20	19,20
34	13,50	13,40	13,40	20,20	20,30	20,50
35	12,50	12,40	12,50	19,80	20,30	19,50

Tabela 8 - continuação.

DIAS	TEMPERATURA MÍNIMA			TEMPERATURA MÁXIMA		
	ATE-1	ATE-2	ATE-3	ATE-1	ATE-2	ATE-3
36	15,20	15,20	15,20	20,50	20,70	21,10
37	16,30	16,30	16,30	18,10	18,10	18,10
38	17,80	17,80	17,90	22,50	22,50	22,40
39	18,80	18,80	18,90	23,10	23,10	23,10
40	18,90	18,80	18,80	23,80	24,00	23,90
41	19,00	18,80	18,90	24,40	24,50	24,40
42	20,30	20,30	20,40	24,50	24,30	24,60
43	20,70	20,60	20,70	24,20	24,30	24,30
44	19,00	19,00	19,00	24,30	24,20	24,30
45	15,40	15,30	15,30	22,40	22,40	21,50
46	17,40	17,40	17,40	22,90	22,50	22,90
47	20,40	20,20	20,40	23,40	23,50	24,40
48	16,20	16,20	16,20	22,70	22,70	22,70
49	13,40	13,40	13,40	20,50	20,70	20,50
50	16,30	16,20	16,30	21,30	21,50	21,70
51	18,00	18,00	18,00	22,30	21,80	22,60
52	16,90	16,80	16,90	21,20	21,60	21,60
53	17,40	17,30	17,40	21,60	22,20	21,70
54	18,00	17,90	18,00	20,70	22,60	23,70
55	18,80	18,90	18,90	25,80	25,20	25,90
56	19,00	19,10	19,10	24,00	23,40	23,60
57	20,00	20,00	20,00	24,40	24,30	24,20
58	17,90	17,90	17,90	24,50	24,70	24,70
59	18,20	18,30	18,30	23,30	23,20	23,20
60	19,90	19,90	20,00	23,20	23,20	23,20
61	14,80	14,80	14,90	23,20	22,90	23,00
62	15,50	15,50	15,50	21,10	21,30	20,80
63	15,80	15,80	15,80	21,00	21,30	21,30
64	16,30	16,30	16,30	23,30	23,40	22,80
65	18,40	18,10	18,30	23,70	23,70	23,50
66	19,70	19,70	17,30	23,60	24,00	23,90
67	17,40	17,40	19,80	24,30	24,30	24,40
68	15,40	15,30	15,30	22,30	22,20	22,50
69	14,50	14,40	14,40	20,50	20,90	20,50
70	13,90	13,80	13,80	19,70	19,80	19,80

Tabela 8 - continuação.

DIAS	TEMPERATURA MÍNIMA			TEMPERATURA MÁXIMA		
	ATE-1	ATE-2	ATE-3	ATE-1	ATE-2	ATE-3
71	14,40	14,40	14,00	22,70	21,50	20,80
72	15,40	14,80	14,60	22,10	22,40	21,10
73	16,20	16,10	16,30	24,50	25,10	24,70
74	17,20	17,60	17,70	24,00	23,80	23,80
75	19,00	19,00	18,80	23,90	23,90	23,60
76	18,00	18,00	18,00	23,90	23,90	23,70
77	15,80	15,80	15,70	22,60	22,70	22,60
78	16,70	16,70	16,20	21,00	21,90	21,00
79	17,50	17,70	17,50	22,20	22,10	22,10
80	17,80	17,80	17,50	22,70	22,80	22,90
81	18,00	18,00	18,00	24,30	24,10	23,80
82	18,80	18,90	18,90	24,00	24,00	23,80
83	19,30	19,30	19,10	24,60	24,60	24,60
84	19,80	19,80	19,70	24,30	24,60	24,50
85	19,80	20,00	20,00	23,00	23,60	23,60
86	16,40	16,30	16,20	22,40	22,40	22,60
87	18,50	13,60	13,50	21,30	21,40	21,40
88	13,90	13,80	13,70	22,00	20,00	20,50
89	19,00	19,00	19,50	26,00	25,80	25,00
90	13,20	13,30	13,20	19,50	19,70	19,60
91	13,00	13,00	13,00	23,70	19,00	19,20
92	13,80	13,80	13,80	19,70	20,00	20,10
93	15,20	15,30	15,20	21,70	21,90	22,10
94	17,40	17,40	17,40	21,60	21,50	21,40
95	14,50	14,50	14,50	22,30	22,50	22,60
96	13,80	14,00	14,00	20,70	20,50	21,30
97	14,00	14,10	14,10	22,30	24,10	23,00
98	15,40	14,80	15,50	21,50	22,40	22,90
99	15,40	15,40	15,40	22,20	22,90	23,20
100	15,20	15,20	15,20	22,20	22,00	22,40
101	16,70	16,00	15,10	21,80	21,40	22,40
102	17,60	17,70	17,70	21,60	21,60	21,40
103	16,00	16,00	16,00	23,60	22,90	22,00
104	15,00	15,00	15,00	21,20	21,20	21,00
105	15,60	15,60	15,40	21,70	21,90	21,60

Tabela 8 - continuação.

DIAS	TEMPERATURA MÍNIMA			TEMPERATURA MÁXIMA		
	ATE-1	ATE-2	ATE-3	ATE-1	ATE-2	ATE-3
106	17,00	16,80	16,80	24,10	24,20	24,20
107	18,00	18,00	18,00	24,70	25,10	25,10
108	18,20	18,20	18,20	23,10	23,20	27,70
109	19,30	19,00	19,00	24,60	24,10	24,00
110	20,20	20,10	20,00	25,00	24,90	25,00
111	13,20	14,10	14,20	19,80	19,80	19,60
112	15,00	15,00	15,00	22,50	22,60	22,00
113	15,30	15,30	15,30	22,40	22,50	22,50
114	16,50	16,50	16,50	22,10	22,40	22,10
115	15,50	15,50	15,50	23,00	23,10	23,00
116	17,10	16,80	16,80	23,60	23,40	23,10
117	17,40	17,50	17,80	22,80	22,90	22,80
118	17,60	17,60	17,40	23,60	23,60	23,50
119	18,10	18,20	18,00	23,40	23,50	23,50
120	19,00	19,00	19,00	25,00	25,40	24,90
121	18,00	18,00	18,00	25,00	25,00	25,00
122	20,10	20,20	20,20	25,30	25,10	25,20
123	20,00	20,00	20,30	25,00	25,20	25,30
124	19,60	19,70	19,70	24,30	24,30	24,40
125	19,60	19,60	19,70	24,50	24,90	24,60
126	20,40	20,50	20,50	23,30	23,30	23,20
127	16,50	16,50	16,40	24,30	24,20	24,10
128	14,20	14,20	14,30	22,10	22,30	22,30
129	15,00	15,00	15,10	24,00	23,90	23,70
130	15,50	16,10	15,40	20,20	20,10	20,30
131	14,80	15,00	14,90	22,80	22,80	22,80
132	19,10	19,00	19,00	25,00	25,00	25,20
133	17,50	17,60	17,00	24,10	24,00	24,20
134	14,00	14,20	15,00	18,60	18,00	18,10
135	18,60	18,70	19,50	19,50	19,50	20,00
136	17,40	18,30	18,00	22,80	23,00	22,90
137	18,00	18,00	18,00	22,10	23,00	22,80
138	17,00	17,50	16,90	24,60	24,90	25,00
139	17,00	17,20	17,10	24,60	24,80	25,00
140	17,00	17,10	17,00	22,90	23,00	22,80

5.2 - Relativos à Estimativa da Umidade Relativa do Ar Atmosférico pela Metodologia Proposta

Os valores de umidade relativa média, máxima e mínima do ar, estimados a partir dos dados obtidos dos abrigos termométricos propostos, e aqueles fornecidos pelo termohigrógrafo, estão representados na Tabela 9.

Analisando estatisticamente esses dados, obtiveram-se os seguintes quadros de resultados:

a) Umidade Relativa Média do Ar

Análise de variância				
Causas de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Dias	139	28.270,01	203,38	5,84
Abrigos	3	143,13	47,71	1,37
Resíduo	417	14.512,40	34,80	
Total	559	42.925,54		

C.V. = 7,89%

Tabela 9 - Valores, em %, de umidades relativas máximas, média e mínima do ar atmosférico, obtidos do abrigo termométrico convencional (ATC) e valores estimados a partir dos dados obtidos dos abrigos termométricos experimentais (ATE-1, ATE-2 e ATE-3), no período de 12/10/78 a 28/02/79. Piracicaba, SP.

DIAS	UMIDADE RELATIVA MÁXIMA			UMIDADE RELATIVA MÉDIA			UMIDADE RELATIVA MÍNIMA					
	ATC	ATE-1	ATE-2	ATE-3	ATC	ATE-1	ATE-2	ATE-3	ATC	ATE-1	ATE-2	ATE-3
1	94,0	93,5	90,2	94,5	53,3	68,5	68,1	69,9	32,0	43,5	45,9	45,2
2	97,0	93,1	88,5	93,1	70,8	94,0	91,0	94,8	40,0	94,9	93,5	96,4
3	98,0	80,6	70,6	94,5	84,9	53,9	49,9	64,0	63,0	27,1	29,1	33,4
4	98,0	100,0	95,8	100,0	74,4	78,7	77,8	79,9	47,0	57,4	59,7	59,7
5	97,0	95,8	91,6	95,8	78,8	69,7	67,8	70,1	42,0	43,5	43,9	44,3
6	98,0	97,9	90,7	97,9	73,5	68,4	65,1	69,4	50,0	38,9	39,4	40,9
7	100,0	96,8	93,7	95,8	75,5	66,6	66,6	67,3	47,0	36,4	38,3	38,8
8	95,0	96,0	92,0	100,0	72,1	64,7	62,2	66,1	52,0	33,4	32,3	32,2
9	98,0	92,1	100,0	92,1	73,1	73,0	80,5	73,3	55,0	53,9	60,9	54,4
10	95,0	94,2	91,8	95,3	70,6	71,8	71,1	72,9	48,0	49,3	50,4	50,5
11	99,0	91,7	89,3	92,8	69,8	62,0	66,1	65,8	48,0	32,2	42,9	38,7
12	95,0	96,5	97,7	100,0	63,5	80,1	80,0	81,2	39,0	63,6	62,3	62,3
13	80,0	100,0	95,6	98,9	51,1	73,7	66,2	69,5	35,0	47,4	36,8	40,0
14	82,0	77,5	79,4	80,3	56,1	51,6	52,7	55,6	39,0	25,7	25,9	30,8
15	77,0	72,4	75,0	74,1	55,5	49,4	50,2	51,6	38,0	26,4	25,3	29,1
16	99,0	77,6	77,7	79,3	81,5	51,2	51,5	53,2	51,0	24,7	25,3	27,0
17	98,0	95,1	94,1	93,1	80,0	66,7	66,5	71,5	52,0	38,2	38,8	49,9
18	99,0	94,2	94,2	96,1	88,7	85,0	78,0	90,1	61,0	75,8	61,7	84,0
19	97,0	99,0	95,0	97,0	78,2	81,4	78,8	80,1	47,0	63,7	62,5	63,2
20	98,0	89,6	87,8	89,6	87,3	66,4	67,8	68,8	62,0	43,2	47,8	47,9

Tabela 9 - continuação

DIAS	UMIDADE RELATIVA MÁXIMA			UMIDADE RELATIVA MÉDIA			UMIDADE RELATIVA MÍNIMA					
	ATE-1	ATE-2	ATE-3	ATE-1	ATE-2	ATE-3	ATE-1	ATE-2	ATE-3			
	ATC	ATE-1	ATE-2	ATE-3	ATC	ATE-1	ATE-2	ATE-3	ATC	ATE-1	ATE-2	ATE-3
21	96,0	97,0	96,0	98,0	74,6	79,1	78,9	79,5	53,0	61,1	61,7	61,0
22	94,0	93,0	91,0	92,9	72,8	73,3	72,9	73,5	51,0	53,5	54,7	54,1
23	100,0	99,0	95,0	97,0	83,0	81,8	77,2	75,8	58,0	64,5	59,4	54,5
24	98,0	91,4	81,4	86,0	88,7	73,7	69,0	69,5	63,0	56,0	56,5	53,0
25	100,0	98,0	96,1	99,0	94,7	82,3	80,7	82,5	85,0	66,5	65,2	66,0
26	97,0	98,8	100,0	98,8	72,7	95,2	95,8	95,2	52,0	91,6	91,6	91,6
27	92,0	89,0	86,9	88,9	67,7	71,9	72,8	72,5	39,0	54,8	58,6	56,1
28	99,0	91,4	95,7	92,4	69,9	66,3	67,9	64,0	47,0	41,2	40,1	35,5
29	99,0	92,9	95,9	96,9	61,6	68,1	69,8	70,7	44,0	43,3	43,6	44,5
30	99,0	92,2	92,2	94,1	90,9	68,1	69,9	67,9	70,0	43,9	47,6	41,6
31	98,0	97,0	96,9	99,0	90,6	86,2	86,9	88,3	68,0	75,4	76,8	77,6
32	99,0	94,8	93,7	95,8	86,4	86,0	84,7	85,8	70,0	77,1	75,7	75,7
33	96,0	98,8	98,8	100,0	69,8	85,4	85,4	86,4	42,0	72,0	72,0	72,7
34	95,0	91,0	91,0	91,0	68,1	70,6	71,2	71,8	46,0	50,1	51,3	52,5
35	100,0	96,4	96,4	97,6	67,7	71,0	73,1	71,2	39,0	45,6	49,7	44,8
36	99,0	91,5	91,5	93,6	95,5	65,9	66,4	68,6	85,0	40,2	41,3	43,5
37	98,0	97,9	97,9	98,9	78,5	95,5	96,0	96,5	53,0	93,1	94,1	94,1
38	98,0	98,0	98,0	99,0	74,0	80,4	80,7	80,6	54,0	62,8	63,3	62,1
39	98,0	97,1	98,0	99,0	72,8	74,9	75,6	76,6	47,0	52,6	53,1	54,1
40	100,0	90,5	89,6	90,5	77,5	67,3	67,7	67,5	57,0	44,0	45,8	44,5

Tabela 9 - continuação.

DIAS	UMIDADE RELATIVA MÁXIMA			UMIDADE RELATIVA MÉDIA			UMIDADE RELATIVA MÍNIMA			
	ATE-1	ATE-2	ATE-3	ATE-1	ATE-2	ATE-3	ATE-1	ATE-2	ATE-3	
41	100,0	98,0	96,1	77,1	77,9	77,5	77,7	58,0	57,8	58,9
42	97,0	98,1	98,1	78,1	75,6	75,7	76,8	54,0	53,0	53,3
43	95,0	95,4	94,5	75,6	72,3	72,3	73,6	59,0	49,1	50,0
44	94,0	90,6	90,6	71,5	72,2	72,2	73,1	50,0	53,7	53,7
45	97,0	93,6	92,5	71,2	72,8	72,2	69,9	49,0	51,9	46,2
46	96,0	98,0	98,0	65,5	72,4	71,6	73,2	52,0	46,8	45,1
47	100,0	81,8	80,1	93,0	65,3	64,7	69,1	71,0	48,7	49,3
48	91,0	88,8	88,8	67,1	79,6	76,8	79,4	47,0	70,3	64,7
49	99,0	89,9	89,9	71,5	67,5	68,1	67,8	50,0	45,1	46,2
50	100,0	97,9	97,9	73,0	70,8	71,2	72,2	50,0	43,7	44,4
51	95,0	98,0	98,0	60,0	72,1	70,7	73,0	39,0	46,2	43,4
52	100,0	90,9	90,0	72,9	63,4	64,2	65,4	43,0	35,9	38,3
53	98,0	99,0	99,0	66,4	67,0	68,5	67,2	51,0	34,9	37,9
54	97,0	88,5	84,8	66,6	64,0	67,1	72,1	50,0	39,2	49,3
55	96,0	81,8	81,1	64,5	73,0	71,1	73,9	47,0	64,1	61,0
56	97,0	88,8	89,7	84,7	69,1	68,1	68,9	55,0	49,3	46,5
57	97,0	96,2	96,2	91,4	73,4	73,4	73,8	67,0	50,6	50,5
58	97,0	97,0	95,0	89,7	86,1	86,5	86,5	74,0	75,2	78,0
59	97,0	96,0	95,1	93,1	86,3	81,3	86,8	83,0	76,6	67,5
60	95,0	98,1	97,1	71,0	92,1	91,6	94,6	53,0	86,0	86,0

Tabela 9 - continuação.

DIAS	UMIDADE RELATIVA MÁXIMA			UMIDADE RELATIVA MÉDIA			UMIDADE RELATIVA MÍNIMA					
	ATC	ATE-1	ATE-2	ATE-3	ATC	ATE-1	ATE-2	ATE-3	ATC	ATE-1	ATE-2	ATE-3
61	86,5	85,3	85,3	87,3	66,4	72,1	71,4	72,8	49,0	58,9	57,5	58,2
62	95,0	89,6	88,6	90,6	70,5	69,9	69,7	69,2	53,0	50,1	50,8	47,8
63	95,0	100,0	98,9	100,0	69,9	75,3	75,6	76,2	49,0	50,5	52,3	52,3
64	97,5	95,8	94,8	97,9	83,4	75,1	74,9	74,7	57,0	54,3	54,9	51,4
65	97,5	95,1	91,2	95,1	83,8	75,2	73,7	75,1	56,0	55,2	56,2	55,0
66	98,0	96,2	95,3	98,1	84,4	76,7	77,7	78,8	60,0	57,1	60,1	59,5
67	95,0	94,9	95,9	97,9	73,4	79,0	80,1	81,1	57,0	63,0	64,2	64,2
68	92,0	97,8	95,7	97,8	72,4	79,6	78,3	79,7	49,0	61,4	60,8	61,6
69	96,0	95,6	94,5	96,6	69,0	71,8	72,5	77,7	48,0	47,9	50,4	58,7
70	97,0	98,9	96,6	97,7	63,9	72,5	71,6	71,7	42,0	46,0	46,6	45,6
71	88,0	97,9	95,5	96,6	52,4	75,8	71,3	69,7	40,0	53,7	47,1	42,7
72	89,0	87,5	80,6	81,4	65,0	63,4	60,5	57,5	50,0	39,3	40,4	33,6
73	95,0	75,3	73,5	76,2	73,3	61,7	63,1	62,7	55,0	48,0	52,6	49,1
74	98,0	93,0	96,0	99,0	70,2	71,0	72,1	73,4	48,0	48,9	48,2	47,8
75	89,0	100,0	99,0	98,0	57,2	72,7	72,4	71,7	46,0	45,3	45,7	44,2
76	98,0	80,6	81,4	79,8	93,8	65,6	66,0	65,3	85,0	50,6	50,6	50,8
77	97,0	100,0	98,9	100,0	92,2	93,3	94,0	93,7	78,0	86,6	89,0	87,4
78	97,0	100,0	98,9	97,9	89,2	90,7	94,7	89,6	75,0	81,3	90,4	81,3
79	97,0	99,0	99,0	99,0	91,1	78,5	77,9	78,5	63,0	58,0	56,8	57,9
80	96,0	100,0	99,0	99,0	81,2	84,2	84,1	84,1	60,0	68,4	69,1	69,1

Tabela 9 - continuação.

DIAS	UMIDADE RELATIVA MÁXIMA			UMIDADE RELATIVA MÉDIA			UMIDADE RELATIVA MÍNIMA					
	ATC	ATE-1	ATE-2	ATE-3	ATC	ATE-1	ATE-2	ATE-3	ATC	ATE-1	ATE-2	ATE-3
81	96,0	98,0	97,0	98,0	73,2	79,7	78,6	77,9	52,0	61,4	60,2	57,8
82	96,0	95,1	95,2	97,1	83,1	72,0	72,5	72,9	58,0	48,9	49,7	48,7
83	98,0	100,0	99,0	99,0	86,7	78,8	78,3	78,3	60,0	57,5	57,5	57,5
84	98,0	99,0	98,1	99,0	84,4	81,6	82,1	82,2	65,0	64,2	66,1	65,4
85	96,0	98,1	98,1	99,0	79,1	80,9	83,3	83,4	66,0	63,7	68,4	67,8
86	91,0	89,8	89,8	89,8	69,5	80,9	80,9	81,7	56,0	72,0	72,0	73,5
87	90,0	100,0	100,0	100,0	66,1	78,0	78,1	77,8	47,0	56,0	56,1	55,6
88	95,0	95,5	93,3	95,4	64,2	75,9	68,7	71,0	45,0	56,2	44,0	46,5
89	90,0	100,0	100,0	100,0	65,6	86,8	86,4	83,2	46,0	73,5	72,8	66,4
90	89,0	94,2	94,3	95,4	64,2	68,8	69,2	65,4	45,0	43,4	44,1	35,3
91	88,0	94,2	92,0	95,3	66,0	82,6	66,5	68,7	44,0	70,9	40,9	42,1
92	96,0	84,9	82,9	84,9	81,4	61,4	61,2	62,1	50,0	37,9	39,5	39,2
93	96,0	89,5	88,5	91,5	80,5	67,5	68,1	69,7	61,0	45,5	47,6	47,8
94	95,0	95,9	95,9	98,0	69,1	81,4	81,1	81,8	50,0	66,9	66,2	65,5
95	89,0	89,2	88,2	90,3	67,2	70,1	70,4	71,2	48,0	50,9	52,5	52,1
96	91,0	97,7	97,7	98,9	64,2	70,6	69,8	72,5	45,0	43,5	41,9	46,0
97	94,0	95,5	94,4	97,7	70,1	72,5	77,0	75,4	49,0	49,4	59,6	53,0
98	94,0	92,6	85,3	94,7	68,7	69,9	68,6	74,8	46,0	47,1	51,9	54,9
99	94,0	95,7	94,6	96,8	70,3	70,5	72,1	73,8	51,0	45,2	49,6	50,8
100	90,0	93,6	92,5	93,6	72,0	71,0	70,1	71,8	50,0	48,4	47,7	50,0

Tabela 9 - continuação.

DIAS	UMIDADE RELATIVA MÁXIMA			UMIDADE RELATIVA MÉDIA			UMIDADE RELATIVA MÍNIMA					
	ATC	ATE-1	ATE-2	ATE-3	ATC	ATE-1	ATE-2	ATE-3	ATC	ATE-1	ATE-2	ATE-3
101	99,0	92,8	79,5	78,9	88,2	70,6	63,1	66,4	78,0	48,4	46,6	53,9
102	98,0	94,0	94,0	96,0	83,1	87,0	87,0	88,0	75,0	80,0	80,0	79,9
103	93,0	97,9	97,9	97,9	73,2	100,0	96,8	90,6	57,0	100,0	95,6	83,2
104	97,0	92,5	91,4	93,5	71,8	74,5	73,7	73,6	51,0	56,5	55,9	53,6
105	99,0	97,8	95,7	96,8	75,2	71,5	71,2	73,2	53,0	45,1	46,7	49,6
106	95,0	92,9	90,9	95,9	83,0	75,2	74,5	77,3	57,0	57,5	58,1	58,7
107	96,0	100,0	99,0	100,0	75,6	78,3	79,5	79,7	50,0	56,5	59,9	59,4
108	96,0	97,1	98,0	100,0	76,9	73,9	75,1	90,3	52,0	50,7	52,2	80,6
109	96,0	100,0	96,1	98,0	85,7	79,3	76,1	77,2	64,0	58,5	56,0	56,4
110	97,0	83,6	100,0	100,0	90,3	74,4	82,3	82,6	81,0	65,2	64,6	65,2
111	98,0	97,8	91,2	95,5	69,2	90,9	88,0	90,1	50,0	83,9	84,8	84,7
112	98,0	100,0	97,8	97,8	74,0	79,2	78,9	77,0	56,0	58,3	60,0	56,2
113	97,0	90,5	90,5	92,5	75,2	75,5	75,8	77,1	53,0	60,4	61,0	61,6
114	95,0	94,8	93,8	97,9	74,7	73,0	73,4	74,8	53,0	51,1	52,9	51,6
115	94,0	94,7	94,7	94,7	70,0	73,4	73,9	73,9	51,0	52,0	53,1	53,0
116	100,0	94,9	91,9	94,9	74,7	72,6	70,6	71,7	52,0	50,3	49,2	48,4
117	96,0	99,0	100,0	94,9	75,2	72c9	73,7	71,1	52,0	46,7	47,3	47,2
118	97,0	100,0	100,0	100,0	73,4	75,2	75,6	75,3	54,0	50,3	51,2	50,6
119	97,0	100,0	100,0	100,0	69,2	74,4	75,1	75,3	44,0	48,7	50,2	50,6
120	100,0	100,0	100,0	100,0	69,2	72,8	74,3	72,4	44,0	45,6	48,5	44,7

Tabela 9 - continuação.

DIAS	UMIDADE RELATIVA MÁXIMA			UMIDADE RELATIVA MÉDIA			UMIDADE RELATIVA MÍNIMA					
	ATC	ATE-1	ATE-2	ATE-3	ATC	ATE-1	ATE-2	ATE-3	ATC	ATE-1	ATE-2	ATE-3
121	100,0	95,0	94,1	100,0	78,1	70,3	70,3	73,7	51,0	45,6	46,4	47,3
122	99,0	90,0	89,1	100,0	84,3	70,1	69,3	75,2	58,0	50,1	49,5	50,4
123	99,0	96,2	94,4	92,6	87,8	79,9	79,9	79,9	52,0	63,6	65,4	67,1
124	100,0	96,2	96,2	100,0	85,5	72,9	73,4	75,8	58,0	49,6	50,5	51,5
125	100,0	100,0	99,0	99,0	96,1	76,5	77,1	76,3	83,0	53,0	55,2	53,5
126	100,0	100,0	100,0	100,0	90,0	90,1	90,4	90,8	79,0	80,1	80,8	81,5
127	100,0	94,8	92,8	100,0	74,2	85,6	85,0	88,9	57,0	76,4	77,1	77,7
128	100,0	100,0	100,0	94,8	76,0	78,4	78,8	76,2	57,0	56,8	57,5	57,5
129	96,0	100,0	100,0	100,0	86,2	82,6	82,0	82,7	62,0	65,1	63,9	65,4
130	96,0	94,7	100,0	98,9	78,0	68,1	70,3	70,7	55,0	41,5	40,5	42,5
131	100,0	97,8	100,0	94,6	74,0	69,6	71,3	68,2	53,0	41,3	42,5	41,7
132	100,0	100,0	100,0	97,8	61,8	77,0	77,4	76,7	47,0	53,9	54,8	55,5
133	100,0	96,9	96,0	100,0	79,3	75,3	75,0	76,9	53,0	53,6	54,0	53,7
134	100,0	89,1	89,1	100,0	90,3	57,4	55,7	61,5	62,0	25,6	22,2	22,9
135	100,0	100,0	100,0	86,0	80,9	70,1	69,9	63,7	53,0	40,2	39,8	41,3
136	99,0	100,0	100,0	100,0	75,5	74,2	76,3	73,9	50,0	48,1	52,5	47,7
137	98,0	100,0	100,0	100,0	72,0	70,3	72,2	71,5	47,0	40,5	44,4	42,9
138	96,0	97,9	100,0	96,8	66,0	73,9	76,0	75,8	43,0	49,9	52,0	54,8
139	93,0	100,0	96,9	100,0	74,5	73,2	72,0	74,9	53,0	46,4	47,1	49,8
140	95,0	95,9	95,9	100,0	73,2	69,7	69,7	71,5	49,0	43,4	43,5	42,9

b) Umidade Relativa Máxima do Ar

Análise de variância

Causas de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Dias	139	10.514,5129	75,6440	6,45
Abrigos	3	469,4893	156,4964	13,35**
Resíduo	417	4.889,9132	11,7264	
Total	559	15.873,9154		

C.V. = 3,61%

** = Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$).

Teste de Tukey

Abrigos	Média	Tukey (5%)
ATC	96,11	a
ATE-1	94,58	bc
ATE-2	93,62	c
ATE-3	95,28	ab

d.m.s. = 1,05

Obs.: As médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente, ao nível de 5% de probabilidade.

c) Umidade Relativa Mínima do Ar

Análise de Variância

Causas de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Dias	139	74.904,02	538,87	8,77
Abrigos	3	48,16	16,05	0,002
Resíduo	417	25.613,36	61,42	
Total	559	100.565,54		

C.V. = 14,38%

5.3 - Relativos ao Confronto Simultâneo dos Valores Horários de Umidade Relativa do Ar Atmosférico Obtidos pelos Diferentes Sistemas de Medida

Os valores horários de umidade relativa do ar, obtidos com o psicrômetro Assman, higrôgrafo, termômetros de bulbo úmido e de bulbo seco do abrigo termométrico convencional e termômetros de bulbo úmido e de bulbo seco do abrigo termométrico experimental, estão apresentados na Tabela 10.

A análise de regressão dos dados assim obtidos forneceu os resultados abaixo:

a) Higrôgrafo (y) vs Psicrômetro Assman (x)

$$r = 67\%$$

$$\hat{y} = 36 + 0,59x$$

b) Par termométrico do abrigo experimental (y) vs Par termométrico do abrigo convencional (x)

$$r = 99,5\%$$

$$\hat{y} = -10,38 + 1,1x$$

c) Par termométrico do abrigo experimental (y) vs Psicrômetro Assman (x)

$$r = 99,3\%$$

$$\hat{y} = 1,46 + 1,03x$$

d) Par termométrico do abrigo convencional (y) vs Psicrômetro Assman (x)

$$r = 95,4\%$$

$$\hat{y} = 10,35 + 0,91x$$

e) Par termométrico do abrigo convencional (y) vs Higrôgrafo (x)

$$r = 95,78\%$$

$$\hat{y} = 21,4 + 0,72x$$

f) Par termométrico do abrigo experimental (y) vs Higrôgrafo (x)

$$r = 95,8\%$$

$$\hat{y} = 13,7 + 0,83x$$

Tabela 10 - Valores horários de temperatura e umidade relativa do ar, obtidos com os quatro sistemas de medidas: psicrômetro com ventilador Assman, higrôgrafo, par termométrico comum do abrigo convencional e par termométrico comum do abrigo experimental, no horário de 12:00 às 05:30 hs, do dia 15/12/79. Piracicaba, SP.

HORÁRIO DAS OBSER- VAÇÕES	PSICRÔMETRO				ABRIGO TERMOMÉTRICO CONVENCIONAL				ABRIGO TERMOMÉTRICO EXPERIMENTAL				
	TBU	TBS	UR%	Higrô grafo UR%	TCBU	TCBS	UR%	TCBU	TCBS	UR%	TCBU	TCBS	UR%
12:00	22,8	28,2	63,3	67,0	23,3	27,8	66,9	23,2	27,9	65,7			
12:30	23,0	28,2	64,5	66,0	23,5	27,8	68,3	23,5	27,5	70,2			
13:00	23,4	28,0	68,1	68,5	24,0	27,8	71,7	23,6	27,8	69,0			
13:30	23,2	28,5	64,1	67,0	23,9	28,1	69,2	23,6	27,9	68,4			
14:00	24,1	30,0	61,6	65,0	24,4	29,3	65,4	24,0	29,4	62,3			
15:00	23,2	30,1	56,0	61,5	24,3	29,5	63,6	24,0	29,5	61,7			
15:30	22,3	28,4	59,2	62,0	23,3	28,2	64,6	23,8	28,4	63,4			
16:00	22,8	28,9	59,6	62,5	23,6	28,4	65,4	23,8	28,8	64,4			
16:30	22,2	29,0	55,6	62,5	24,0	29,0	64,5	23,8	29,4	61,0			
17:00	22,4	26,0	73,5	61,0	23,5	28,5	64,1	23,6	28,8	63,1			
17:30	22,5	28,1	62,0	62,5	23,5	28,0	67,1	23,3	27,9	66,3			
18:00	22,0	26,8	66,0	64,9	23,1	27,0	70,5	23,0	27,1	69,2			
18:30	22,1	26,3	69,6	67,5	22,8	26,5	71,6	23,0	26,5	73,1			
20:00	22,0	25,6	73,3	78,5	22,6	25,6	76,2	22,8	25,5	78,4			
20:30	22,2	25,4	76,0	70,0	22,8	25,4	79,2	22,7	25,3	79,1			

Tabela 10 - continuação

HORÁRIO DAS OBSER- VAÇÕES	PSICRÔMETRO			ABRIGO TERMOMÉTRICO CONVENCIONAL			ABRIGO TERMOMÉTRICO EXPERIMENTAL			
	TBU	TBS	UR%	Higrô- grafo UR%	TCBU	TCBS	UR%	TCBU	TCBS	UR%
21:00	21,8	24,2	81,2	73,0	22,2	24,2	83,3	22,3	24,1	84,9
21:30	21,4	23,4	84,0	75,0	21,9	23,5	86,3	21,7	23,4	85,5
22:00	21,3	22,8	87,7	85,0	21,6	23,0	87,9	21,6	22,8	89,5
00:00	20,8	23,0	82,3	97,5	20,8	22,0	89,3	20,8	21,7	91,9
00:30	20,4	22,6	82,1	98,4	20,6	21,6	90,9	20,7	21,4	93,6
01:00	20,8	22,7	84,5	99,0	20,4	21,0	94,4	20,5	20,8	97,2
01:30	20,5	21,2	94,0	100,0	20,5	21,1	94,5	20,6	20,8	98,1
02:00	20,6	21,8	89,9	100,0	20,5	21,0	95,4	20,7	20,8	99,1
02:30	20,6	21,2	94,8	100,0	20,6	21,0	96,3	20,8	21,0	98,1
03:00	20,4	21,3	92,3	100,0	20,6	21,3	93,6	20,8	21,2	96,3
03:30	20,2	21,8	86,6	98,5	20,4	21,6	89,2	20,6	21,7	90,1
04:00	20,2	21,5	89,0	97,0	20,3	21,5	89,1	20,6	21,5	91,8
04:30	20,4	22,4	83,6	98,0	20,4	21,2	92,7	20,5	21,2	93,6
05:30	20,2	21,0	93,1	99,0	20,4	21,2	92,7	20,4	21,1	93,5

TBU = Termômetro de bulbo úmido; TBS = Termômetro de bulbo seco; TCBU = Termômetro comum de bulbo úmido; TCB = Termômetro comum de bulbo seco; UR% = Unidade relativa do ar, em porcentagem.

5.4 - Relativos à Evaporação Potencial Calculada e Estimada

A Tabela 11 apresenta os valores de evaporação potencial calculados e estimados pelos sistemas evaporimétricos propostos e através da metodologia proposta por PENMAN (1963), respectivamente.

Relacionando os valores de evaporação estimados através da equação de Penman com os valores de evaporação fornecidos pelos sistemas evaporimétricos coberto (SEC) e descoberto (SED) com placa de lucite, obtiveram-se as seguintes equações de regressão linear simples, que se ajustam aos dados, conforme demonstram os resultados da análise de variância, apresentados em sequência.

a) Penman (y) vx SEC (x)

PERÍODO	EQUAÇÃO DE REGRESSÃO
Média de 5 dias	$\hat{y} = -0,052 + 0,7x$

$n = 8$; $r = 0,9552$; $t = 38,76$; $t_{5\%} = 2,45$.

Análise de Variância				
Causas de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão Linear	1	2,5418	2,5418	64,45**
Resíduo	6	0,2440	0,0407	
Total	7	2,7859		

** = Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 11 - Valores, em mm, de evaporação potencial, obtidos pelo método de Penman, sistema evaporimétrico coberto com placa de lucite (SEC) e sistema evaporimétrico descoberto (SED), no período de 01/05/79 a 09/06/79. Piracicaba, SP, utilizando pêntadas.

PÊNTADAS	M É T O D O S		
	Penman	SEC	SED
1	3,39	4,64	4,48
2	1,70	2,58	2,66
3	3,54	5,10	5,00
4	3,67	5,34	5,28
5	3,27	4,92	5,00
6	3,03	4,74	4,81
7	3,47	4,86	4,64
8	3,44	4,48	4,40

b) Penman (y) vs SED (x)

PERÍODO	EQUAÇÃO DE REGRESSÃO
Média de 5 dias	$\hat{y} = -0,048 + 0,71x$

n = 8; r = 0,9185; t = 24,53; $t_{5\%} = 2,45$.

Análise de Variância				
Causas de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão Linear	1	2,3502	2,3502	32,37**
Resíduo	6	0,4357	0,0726	
Total	7	2,7859		

** = Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

5.5 - Relativos ao Confronto dos Valores de Evaporação Potencial de Solo Nu Obtidos Pelos Dois Sistemas Evaporimétricos

Os valores de evaporação, obtidos pelos sistemas evaporimétricos coberto (SEC) e descoberto (SED), estão representados na Tabela 12.

Através da análise estatística desses dados de evaporação, obteve-se o seguinte quadro de análise de variância:

Tabela 12 - Valores, em mm, de evaporação potencial de solo nu, obtidos pelos sistemas evaporimétricos coberto (SEC) e des_{coberto} (SED), com placa de lucite, no período de 01/05/79 a 09/06/79. Piracicaba, SP.

DIAS	M É T O D O S		DIAS	M É T O D O S	
	SEC	SED		SEC	SED
1	8,3	7,8	21	5,9	6,0
2	7,3	7,2	22	7,3	7,4
3	2,9	2,7	23	2,3	2,4
4	0,6	0,6	24	4,5	4,6
5	4,1	4,1	25	4,6	4,6
6	3,4	3,4	26	6,5	6,5
7	2,9	2,9	27	7,0	7,2
8	2,3	2,6	28	5,9	6,0
9	1,8	1,8	29	1,7	1,9
10	2,5	2,6	30	2,6	2,4
11	3,8	3,9	31	4,6	4,5
12	6,7	6,7	32	3,9	3,5
13	5,2	5,2	33	4,9	4,5
14	3,5	3,2	34	5,5	5,4
15	6,3	6,0	35	5,4	5,3
16	4,2	4,2	36	6,2	5,9
17	5,2	5,2	37	4,0	4,0
18	4,9	4,7	38	4,5	4,5
19	7,2	7,1	39	4,3	4,1
20	5,2	5,2	40	3,4	3,5

Causas de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Sistemas	1	0,05	0,05	0,016
Resíduo	78	241,61	3,10	
Total	79	241,66		

C.V. = 38,63%

5.6 - Relativos à Radiação Solar, em $\text{Cal}/\text{cm}^2 \cdot \text{min}$, Medida Sobre as Superfícies Evaporimétricas Livremente Exposta e Coberta Com Placa de Lucite

Os valores horários relativos a radiação solar global incidente, medida nas superfícies evaporantes coberta (SEC) e descoberta (SED), em 03/06/79, estão apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 - Valores horários, em $\text{cal}/\text{cm}^2 \cdot \text{min}$, relativos a radiação solar global incidente, medida nas superfícies evaporimétricas coberta (SEC) e descoberta (SED), e respectivas porcentagens de radiação solar global interceptada pela cobertura de lucite, em 03/06/79. Piracicaba, SP.

HORÁRIO DAS OBSERVAÇÕES	SEC	SED	% SEC em relação ao SED	% Radiação Solar Glo- bal Inci- dente In- terceptada pela cober- tura de lu- cite
11:00	0,809	0,959	84,3	15,7
11:30	0,865	0,978	88,4	11,6
12:00	0,961	1,043	92,1	7,9
12:30	0,775	1,024	75,6	24,4
13:00	0,889	1,017	87,4	12,6
13:30	0,837	0,965	86,7	13,3
14:00	0,739	0,824	89,7	10,3
14:30	0,644	0,763	84,4	15,6
15:00	0,554	0,627	88,3	11,7
15:30	0,430	0,548	78,4	21,6
16:00	0,299	0,408	73,2	26,8

$$\hat{m} = 84,4\% \quad \hat{m} = 15,6\%$$

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

6.1 - Eficiência do Modelo de Abrigo Termométrico Proposto

Face aos resultados apresentados pela análise estatística, os abrigos termométricos experimentais (ATE-1, ATE-2 e ATE-3) propostos não podem ser recomendados como substitutos do abrigo termométrico convencional (ATC), em se tratando da obtenção de medidas de temperaturas máxima e mínima do ar relativas aos termômetros de bulbos secos.

A diferença significativa apresentada, provavelmente seria devida à geometria de construção dos abrigos experimentais, pois, o balanço de radiação nestes abrigos, em virtude do assoalho, dimensão lateral, etc., é diferente daquele no abrigo convencional. Acredita-se que essa geometria determina as diferenças observadas, visto que no abrigo convencional os termômetros estão sujeitos a um fluxo radiativo do hemisfério superior, correspondente à temperatu-

ra da superfície gramada, enquanto que, nos abrigos experimentais es
ta temperatura corresponde à temperatura do assoalho do abrigo.

6.2 - Estimativa da Umidade Relativa do Ar Atmosférico pela Met dologia Proposta

Os resultados mostram que os valores correspondentes
às umidades relativas média e mínima do ar, obtidos com a metodolo-
gia proposta, não diferiram significativamente daqueles obtidos a-
traves do termohigrógrafo. Em virtude desses resultados, torna-se
viável a possibilidade da adoção dessa metodologia por parte dos a-
gricultores, para a determinação da umidade relativa média do ar com
apenas uma observação diária, tal como: chuva, evaporação,
velocidade média do vento, temperaturas máxima, mínima e média do
ar.

Esses resultados revelam ser de grande interesse, vis
to que na agro-indústria é quase sempre impossível conseguir-se re-
cursos humanos, principalmente para a realização de leituras notur-
nas, sendo a tendência atual, de restringir-se às observações para
apenas uma leitura diária.

Além do mais, a metodologia preconizada é simples e
de baixo custo, quando comparada com a convencional (termohigrógra-
fo).

Entretanto, o que se apurou com relação às umidades re
lativas do ar (média e mínima) não é válido quando se trata de umida
de relativa máxima do ar, porque a análise de variância obtida reve-

lou significância entre médias de tratamentos (ATC, ATE-1, ATE-2, ATE-3). Esta significância apresentada, pode ser atribuída ao fato da temperatura mínima de bulbo úmido ter sido maior que a temperatura mínima de bulbo seco, para alguns dias de observações, como mostram as Tabelas 7 e 8, fato este relacionado à deficiência relativa de exposição, afetando o balanço de radiação nos bulbos termométricos.

Para certificar-se da ocorrência de temperatura mínima de bulbo úmido maior que temperatura mínima de bulbo seco, foram feitas leituras simultâneas (valores horários) de temperatura e umidade relativa do ar, através de quatro sistemas de medidas, como mostra a Tabela 10, não se constatando, neste período, a ocorrência deste evento.

A consistência dos resultados com relação à estimativa da umidade relativa média do ar pelo método proposto pode ser devida a um processo de compensação de erros na média.

6.3 - Confronto Simultâneo dos Valores de Umidade Relativa do Ar Atmosférico Obtidos pelos Diferentes Sistemas de Medida

As comparações dos valores instantâneos de umidade relativa do ar, obtidos pelos diferentes métodos de medida estudados, mostraram altos valores de coeficientes de correlação, exceto aquela entre higrógrafo e psicrômetro Assman, que relevou um coeficiente de correlação baixo ($r = 0,67$), atribuindo-se este resultado ao

elevado tempo de resposta do sensor do termohigrógrafo.

Convém ainda salientar que essas comparações seriam mais representativas se fossem feitas leituras horárias simultâneas para vários dias, possibilitando, assim, um maior número de repetições.

6.4 - Evaporação Potencial Calculada e Estimada

Como se observa pelos resultados das análises de regressão efetuadas, a evaporação medida pelos sistemas evaporimétricos (SEC) e (SED) demonstrou estar altamente correlacionada com os valores estimados pelo Método de Penman ($r = 0,9552$ e $r = 0,9185$, respectivamente), o que sugere a possibilidade de realizar, por intermédio destes sistemas evaporimétricos, determinações de evaporação potencial em solo nu. Tal metodologia pode então ser utilizada, em regiões onde não haja disponibilidade de instrumentação para medir ou estimar balanço de radiação, velocidade do vento, umidade relativa e temperatura do ar, que é o caso mais comum ocorrente, principalmente devido às precárias disponibilidades de recursos do agricultor.

Entende-se que a estimativa da evaporação potencial de solo nu, assim preconizada, será importante na definição das perdas que ocorrem quando se irriga uma cultura no seu estágio inicial de desenvolvimento. Os altos valores de evaporação obtidos em alguns dias (próximos de 8 mm), mostram que, para o cômputo da eficiência de irrigação, é indispensável o conhecimento da evaporação potencial.

Para o lavrador, espera-se também que o confronto entre a chuva e a evaporação acumulada medida seja útil na caracterização do "período mínimo de esgotamento da água do solo", que, talvez, não seja muito diferente do período real de utilização, se forem consideradas as possibilidades de redistribuição de água no perfil de solo, sendo óbvia a necessidade de medida da variação de armazenamento de água no perfil do solo, para constatar o grau de aproximação conferido pelo método. Este tipo de balanço poderá ser mais realístico e eficiente se for acoplado ao sistema evapo-pluviométrico um pluviômetro de área de captação igual à área da superfície do evaporímetro, através de uma "caixa de passagem" de nível constante. Na época, infelizmente, por falta de visão desta possibilidade, não foi realizado este tipo de montagem.

Pode-se esperar, também, que exista correlação entre estas medidas e as de evapotranspiração potencial. Primeiro porque a diferença dos albedos de solo nu e vegetação são praticamente constantes, e, segundo, porque o volume de exploração do sistema radicular condiciona, durante um longo tempo após uma chuva, uma situação de água livremente disponível. As correções de interface (superfície evaporante-atmosfera) diferentes poderão ser corrigidas, determinando as diferentes correlações para cada estágio.

Para tornar mais prático o uso do sistema evaporimé-

trico (evitar a necessidade de cobrir o evaporímetro por ocasião de chuvas), mediu-se a radiação solar global incidente sobre as superfícies evaporimétricas livremente exposta e coberta com placa de lucite, conforme mostra a Tabela 13. Observa-se, através dos resultados apresentados nessa Tabela, que a cobertura de lucite interceptou, em média, 15,6% da radiação solar global incidente. Entretanto, do ponto de vista estatístico, essa interceptação pareceu não ser significativa, conforme revela o quadro de análise de variância para os tratamentos evaporimétricos coberto e descoberto.

Cumprir notar que um maior volume de dados seria necessário para ter-se melhor consistência nestas afirmações. Entretanto, em virtude de dificuldades de montagem e acertos dos modelos, verificou-se, com base em uma longa série de observações (cerca de 10 meses), que apenas um mês e meio de dados meteorológicos foram consistentes.

7. CONCLUSÕES

7.1 - Relativas à Eficiência do Modelo de Abrigo Termométrico Proposto, na Medida das Temperaturas do Ar Atmosférico

O modelo de abrigo termométrico proposto interferiu nas medidas demonstrando erros que podem ser atribuídos à geometria de construção, que afetou a exposição dos bulbos dos termômetros ao balanço de energia radiante.

7.2 - Relativas à Estimativa da Umidade Relativa do Ar Atmosférico

Os termômetros de máxima e mínima de bulbos úmidos e os termômetros de máxima e mínima de bulbos secos, se revelaram eficazes para a estimativa da umidade relativa média do ar, com apenas

uma observação diária, quando comparada com a umidade relativa média do ar medida pelo termohigrógrafo (média de 24 horas). A mesma eficiência se demonstrou na estimativa da umidade relativa mínima, o mesmo não ocorrendo com a umidade relativa máxima, atribuindo-se estas diferenças não ao comportamento do sistema de medidas preconizado, mas ao modelo de abrigo adotado.

7.3 - Relativas às Medidas Instantâneas da Umidade Relativa do Ar

Os resultados das medidas instantâneas de umidade relativa do ar realizados pelos diferentes métodos de medida (psicrômetro Assman, termômetros do abrigo convencional, termômetros do abrigo experimental) mostraram-se comparáveis entre si. O termohigrógrafo mostrou-se ser um instrumento de pouca valia na determinação de valores instantâneos de umidade relativa do ar, fato este que pode ser atribuído ao elevado tempo de resposta deste instrumento.

7.4 - Relativas ao Conjunto Evaporimétrico

Face aos resultados obtidos pelo sistema evaporimétrico, pode-se concluir que é possível a sua utilização para estimativas indiretas da evaporação potencial de solo nu, eliminando-se, assim, o dispendioso instrumental meteorológico, necessário para a avaliação deste parâmetro, sendo que, para maior consistência desta afirmação, um maior número de dados meteorológicos deverá

ser obtido. A cobertura do evaporímetro, com placa de lucite translúcida, não interferiu significativamente nos resultados obtidos.

8. BIBLIOGRAFIA

- BOWER, H., 1959. Integrating Rainfall-Evaporation Recorder. Agricultural Engineering. Alabama, 40: 278-280.
- KLAGES, K.H., 1942. Ecological Crop Geography. MacMillan Co. Nova York.
- LIST, R.J., 1951. Smithsonian Meteorological Tables. 6a. ed. Smithsonian Institution, Washington.
- MIDDLETON, K.E.K. e A.F. SPILHAUS, 1953. Meteorological Instruments. 3a. edição. University of Toronto Press. 286 pp.
- OLIVEIRA, A.S. de, 1969. Umidade Relativa e Temperatura do Ar: Fórmulas Usuais e Fórmulas Novas com Horários para Leituras Simultâneas. ESALQ/USP, Piracicaba. (Tese de Doutorado).
- OUELLET, C.E. e G. LAPORTE, 1962. Formule Permettant D'Integrer L'Evapotranspiration et la pluie par un instrument. Canadian J. of Plant Science, 42: 711-719.

- PENMAN, H.L., 1963. Vegetation and Hydrology. Londres. Commonwealth Agricultural Bureaux. 124 p. (Technical Communication nº 53).
- PIMENTEL GOMES, F., 1978. Curso de Estatística Experimental. 8a. edição, Livraria Nobel, Piracicaba, 430 pp.
- RAHN, J.J. e D.M. BROWN, 1971. Estimating Corn Canopy Extreme Temperatures from Shelter Values. Agr. Meteorol., Canada, 8: 129-138.
- RANZANI, G.O.; O. FREIRE e T. KINJO, 1966. Carta de Solos do Município de Piracicaba, Piracicaba, ESALQ/USP, 85 pp.
- REICHARDT, K.; F. GROHMANN; P.L. LIBARDI e S.V. QUEIROZ, 1976a. Spatial Variability of Physical Properties of a Tropical Soil. I. Geometric Properties. CENA (BT-004), Piracicaba.
- REICHARDT, K.; F. GROHMANN; P.L. LIBARDI e S.V. QUEIROZ, 1976b. Spatial Variability of Physical Properties of a Tropical Soil. II. Soil Water Retention Curves and Hydraulic Conductivity. CENA (BT-005). Piracicaba.
- SANTOS, J.M., 1957. Contribuição aos Estudos Para a Determinação do Albedo. ESALQ/USP, Piracicaba, 48 pp. (Tese de Doutorado).
- STANHIL, G., 1958. An Irrigation Gange for Commercial Use in Field and Glasshouse Practice. J. Agric. Engng Res., Wellesbourn, 3(4): 292.
- VILLA NOVA, N., 1967. Evaporação e Evapotranspiração. Mimeografado. ESALQ/USP, Departamento de Física e Meteorologia, Piracicaba, 27 pp.

WINTER, E.J., 1963. A Valveless Soil Moisture Deficit Indicator.
J. Agric. Engng. Res., Wellesbourn, 8: 252-255.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION, 1961. Guide to Meteorological
Instruments and Observing Practices. W.M.O. n^o 8, T.P. 3. Secre
tariat of W.M.O., Genebra, Suiça.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION, 1965. Guide to Hidrometeorologi
cal Practices. W.M.O. n^o 168, T.P. 82. Secretariat of W.M.O.,
Genebra, Suiça.