

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**CARACTERIZAÇÃO DO SALDO DE RADIAÇÃO EM AMBIENTE PROTEGIDO
E A CAMPO E SEUS EFEITOS SOBRE AS NECESSIDADES HÍDRICAS DO
CRAVO-DE-DEFUNTO (*Tagetes* sp.).**

MILLENA ARIANA BOUERI

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração em Energia na Agricultura.

BOTUCATU-SP.

Junho-2003

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**CARACTERIZAÇÃO DO SALDO DE RADIAÇÃO EM AMBIENTE PROTEGIDO
E A CAMPO E SEUS EFEITOS SOBRE AS NECESSIDADES HÍDRICAS DO
CRAVO-DE-DEFUNTO (*Tagetes sp.*).**

MILLENA ARIANA BOUERI
Engenheira Agrônoma

Orientadora: Profa. Dra. Dalva Martinelli Cury Lunardi

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração em Energia na Agricultura.

BOTUCATU–SP.

Junho – 2003

DEDICATÓRIA

Aos meus avós Walter Boueri (*in memorian*) e Ernestina Pereira Boueri. À minha família por ser tão presente em todos os momentos e em especial à minha mãe Rosemeire Boueri pela confiança, incentivo e apoio.

Ao meu namorado Bruno Zuffo Janducci pelo amor e companheirismo.

AGRADECIMENTOS

À Professora Dalva Martinelli Cury Lunardi pela orientação, incentivo e amizade.

Ao Programa de pós-graduação em Agronomia, área de concentração Energia na Agricultura pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

Aos Professores do Departamento de Recursos Naturais – Setor Ciências Ambientais pelos ensinamentos e sugestões de melhoria do trabalho.

À CAPES, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão da bolsa de estudos.

Aos funcionários do Departamento: Antônio, Silvinha, Selma, Izaura, Cido, Ana Maria, Beto, Dinha e em especial a Valdomiro Rossi pela importante participação na montagem e condução do experimento.

Aos colegas de curso Melania Inês Valiati, Marcelo de Aguiar e Silva, Raul Martinez, Alexandre Dal Pai, Eduardo Nardini Gomes, Hildeu Ferreira de Assunção, Glauco Rolim e Adriana Sartori. Aos alunos de graduação Bruno Zuffo Janducci e Rodrigo Angela.

Às amigas conquistadas que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE QUADROS	VII
LISTA DE FIGURAS	IX
RESUMO	XI
SUMMARY	XIII
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. A cultura	4
2.2. Ambiente protegido e elementos meteorológicos	6
2.3. Evapotranspiração	9
3. MATERIAL E MÉTODOS	12
3.1. Localização da área experimental	12
3.2. Características químicas e físicas do solo	13
3.3. Área experimental	14
3.4. A cultura	15
3.5. Monitoramento dos elementos meteorológicos	15
3.6. Evapotranspiração de referência (ET _o)	16
3.7. Estimativa da evapotranspiração de referência pelo método de Penman-Monteith	16
3.8. Consumo de água (ET _c) e transpiração (T) da cultura	18
3.8.1. Caixa de cimento amianto	19
3.8.2. Tanque intermediário	19
3.8.3. Tanque medidor	19

3.8.4. Cobertura das caixas	20
3.8.5. Operação dos lisímetros	23
3.9. Condução do experimento	23
3.10. Manejo da irrigação	24
3.11. Coeficiente de cultura	25
3.12. Amostragem das plantas e medidas após o transplante	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1. Variação dos elementos meteorológicos nas cond. de ambiente protegido e campo ..	28
4.1.1. Temperatura e Umidade relativa do ar	28
4.1.2. Temperatura do solo	30
4.1.3. Velocidade do vento	33
4.1.4. Radiação solar global, difusa e refletida	33
4.1.5. Saldo de radiação	39
4.2. Análise de crescimento da cultura do <i>Tagetes</i> sp	41
4.3. Evapotranspiração de referência (ET _o)	44
4.4. Evapotranspiração (ET _c) e transpiração (T) da cultura do <i>Tagetes</i> sp.	45
4.5. Coeficiente de cultura (K _c) e coeficiente de cultura basal (K _{cb})	49
5. CONCLUSÕES	53
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

LISTA DE QUADROS

	Página
1. Análise química do solo	13
2. Análise física do solo	13
3. Valores médios de temperatura do ar, UR do ar, pressão de saturação de vapor (e_s) e pressão parcial de vapor (e_a), nas condições de ambiente protegido e campo	30
4. Valores médios de temperatura do solo a 0,20 e 0,30m, nas condições de ambiente protegido e campo	31
5. Valores médios diários da radiação solar global, radiação direta, radiação difusa e radiação refletida em $\text{MJ m}^{-2}\text{d}^{-1}$, nas condições de ambiente protegido e campo, durante o ciclo da cultura, dias de céu limpo e dias de céu nublado	35
6. Relação entre a radiação solar difusa (Rd) e a radiação solar global (RG), nas condições de ambiente protegido e campo, em um dia de céu limpo (09/06/02), céu nublado (02/08/02) e durante o ciclo da cultura	36
7. Valores médios do saldo de ondas curtas (BOC), saldo de ondas longas (BOL) e saldo de radiação (Rn), nas condições de ambiente protegido e campo, para o ciclo da cultura, dias de céu limpo e dias de céu nublado	40
8. Valores médios de peso de matéria fresca (PMF), peso de matéria seca (PMS) e índice de área foliar (IAF), durante o ciclo da cultura do <i>Tagetes</i> sp., nas condições de ambiente protegido e campo	41
9. Valores totais e médios da evapotranspiração (ETc) e transpiração (T) da cultura do <i>Tagetes</i> sp., durante o ciclo, nas condições de ambiente protegido e campo	46

10. Valores médios do coeficiente de cultura (K_c), por estágio de desenvolvimento, nas condições de ambiente protegido e campo	49
11. Valores médios do coeficiente de cultura basal (K_{cb}), por estágio de desenvolvimento, nas condições de ambiente protegido e campo	51

LISTA DE FIGURAS

	Página
1. Representação de um lisímetro de lençol freático constante	18
2. Representação do tanque intermediário do lisímetro de lençol freático constante	21
3. Representação do tanque medidor do lisímetro de lençol freático constante	22
4. Lâmina de água a ser aplicada em função do tempo de abertura dos gotejadores, nas condições de ambiente protegido e campo	24
5. Variação das temperaturas do solo em ambiente protegido e campo (a), e da radiação solar global em condição de campo (b) para o dia 09/06/02 (céu limpo)	32
6. Variação das temperaturas do solo em ambiente protegido e campo (a), e velocidade do vento em condição de campo (b) para o dia 02/08/02 (céu nublado)	32
7. Curvas instantâneas da radiação solar global para os dias 09/06/02 (céu limpo) (a) e 02/08/02 (céu nublado) (b), nas condições de ambiente protegido e campo	35
8. Curvas instantâneas da radiação solar difusa para os dias 09/06/02 (céu limpo) (a) e 02/08/02 (céu nublado) (b), nas condições de ambiente protegido e campo	37
9. Curvas instantâneas do BOL para os dias 09/06/02 (céu limpo) (a) e 02/08/02 (céu nublado) (b), nas condições de ambiente protegido e campo	40
10. Variação do peso de matéria seca (PMS) e do índice de área foliar (IAF) durante o ciclo da cultura do <i>Tagetes</i> sp., nas condições de ambiente protegido (a) e campo (b)	42
11. Altura das plantas (ALT) e número de folhas (NF) da cultura do <i>Tagetes</i> sp., nas condições de ambiente protegido (a) e campo (b)	42
12. Valores médios semanais do número de botões florais nas condições de ambiente protegido e campo	43

13. Curvas médias semanais da evapotranspiração de referência (ET _o) e da evapotranspiração estimada (ETPM) pelo método de Penman-Monteith	44
14. Variação da evapotranspiração da cultura e da radiação solar global durante o ciclo da cultura do <i>Tagetes</i> sp., nas condições de ambiente protegido (a) e campo (b)	45
15. Variação da temperatura, umidade relativa do ar e evapotranspiração da cultura (ET _c) do <i>Tagetes</i> sp., nas condições de ambiente protegido (a) e campo (b)	45
16. Curvas da evapotranspiração de referência (ET _o) e evapotranspiração da cultura (ET _c) em ambiente protegido e campo	47
17. Curvas médias semanais da evapotranspiração (ET _c) (a) e transpiração (T) (b) da cultura em ambiente protegido e campo	48
18. Variação da evapotranspiração da cultura (ET _c) e do índice de área foliar (IAF), nas condições de ambiente protegido (a) e campo (b)	48
19. Valores do coeficiente de cultura (K _c), por estágio de desenvolvimento, nas condições de ambiente protegido e campo	49
20. Valores do coeficiente de cultura (K _c) em função do índice de área foliar (IAF), nas condições de ambiente protegido (a) e campo (b)	50
21. Valores médios semanais de transpiração da cultura (T) e coeficiente de cultura basal (K _{cb}), nas condições de ambiente protegido (a) e campo (b)	51

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi medir o consumo hídrico do cravo-de-defunto (*Tagetes* sp.), dentro e fora de ambiente protegido, por meio de lisímetros de lençol freático constante, para determinação dos coeficientes de cultura (K_c) em todos os seus estádios de desenvolvimento; e caracterizar os elementos meteorológicos nos dois ambientes. O experimento foi conduzido na área experimental do Departamento de Recursos Naturais – Setor Ciências Ambientais da Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista, Câmpus de Botucatu, no período de 21/05 a 09/08/02. A área experimental foi constituída de duas áreas de 280 m², sendo uma na condição de campo e a outra em ambiente protegido tipo arco, com cobertura de polietileno de baixa densidade (PEBD), difusor de luz, com 150µm de espessura, tendo nas laterais sombrite com 50% de redução da radiação solar. Os resultados mostraram que o PEBD causou aumento na temperatura do ar, no conteúdo de umidade e na radiação solar difusa, comprovando o seu efeito difusor. Os valores médios de temperatura no solo, velocidade do vento, radiação solar global, direta, refletida e do saldo de radiação foram menores no

ambiente protegido. A evapotranspiração total da cultura, para um ciclo de 81 dias, foi de 115 e 119mm, nas condições de ambiente protegido e campo, respectivamente, com médias de 1,4 e 1,5mm d⁻¹. O coeficiente de cultura variou de acordo com o estágio de desenvolvimento da cultura, tendo sido observados valores médios, nas condições de ambiente protegido e campo, respectivamente, de 0,48 e 0,71 na fase inicial, 0,87 e 0,93 no desenvolvimento vegetativo, com máximos de 1,15 e 0,85 no florescimento, e 0,94 e 0,70 no final do ciclo. A velocidade do vento, umidade do ar e o índice de área foliar tiveram maior influência no processo de evapotranspiração do que o saldo de radiação.

CHARACTERIZATION OF THE NET RADIATION INSIDE AND OUTSIDE A GREENHOUSE, AND ITS INFLUENCE IN THE WATER CONSUMPTION OF THE *TARGETES* sp. CROP. Botucatu, 2003. 63p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: MILLENA ARIANA BOUERI

Adviser: PROFA. DRA. DALVA MARTINELLI CURY LUNARDI

SUMMARY

The objective of this work was measure the water consumption of the *Tagetes* sp. crop, inside and outside a greenhouse, through of water table lysimeters, for determination of the crop coefficients (K_c) in all its development stages; and to characterize the meteorological elements in the two atmospheres. The experiment was carried on the experimental area of the Department of Natural Resources - Section Environmental Sciences of the College of Agricultural Sciences, UNESP, Botucatu, SP, in the period from 21/05 to 09/08/02. The experimental area was constituted of two areas of 280m², being one at field conditions and the other in greenhouse arch type, with covering of polyethylene of low density (HDPE), light spreading, with 150µm of thickness, and polypropylene screen with 50% reduction of the solar radiation in the laterals. The results showed that HDPE caused increasing in the temperature of the air, in the humidity content and in the diffuse solar radiation, checking its spreading effect. The medium values of soil temperature; wind

speed; global, direct and reflected solar radiation; and net radiation were smaller in the greenhouse compared to outside values. The total evapotranspiration for this crop, for a cycle of 81 days, was of 115 and 119mm respectively, in greenhouse and field conditions, with averages of 1.4 and 1.5mm d⁻¹. The crop coefficient varied according to the development stage of the culture, with observed medium values, in the conditions of greenhouse and field, respectively, of 0,48 and 0,71 in the initial phase, 0,87 and 0,93 in the vegetative development, with maxima of 1,15 and 0,85 in the blossom, and 0,94 and 0,70 in the end of the cycle. The wind speed, air humidity and leaf area index had larger influence in the process evapotranspiration than the net radiation.

1. INTRODUÇÃO

O cultivo de hortaliças e plantas ornamentais em ambientes protegidos tem sido cada vez mais empregado no Brasil, pois as plantas não sofrem os efeitos do excesso de chuvas, granizos, de ventos fortes, geadas, e da variação sazonal das condições climáticas.

Esta técnica permite que se realizem plantios em diversas épocas do ano e em períodos de entressafra, possibilitando aos agricultores um maior aproveitamento do solo e otimização das práticas de manejo e principalmente a possibilidade de se obter melhor preço de mercado, contando com um produto de boa qualidade.

Conforme citado por Goto & Tivelli (1998), num levantamento realizado no Estado de São Paulo pela Associação dos Engenheiros Agrônomos, no período de janeiro a abril de 1995, foram encontrados 897ha com algum tipo de cultivo em ambiente protegido, sendo que desse total, 58,9% eram com hortaliças e 38,7% com flores.

Visando o manejo correto deste meio, vários pesquisadores tem se dedicado a estudar o microclima em seu interior, assim como o comportamento de diversas culturas submetidas a esse sistema de cultivo. O sucesso em se dominar este ecossistema só

pode ser alcançado se houver um manejo correto do ponto de vista fitossanitário, tendo em vista que em ambiente protegido, é necessário a utilização frequente de produtos químicos que põem em risco a vida dos agricultores.

De acordo com Huang (1984), a rotação de cultura vem sendo um método efetivo para controlar insetos e nematóides, como por exemplo o uso de cravo-de-defunto (*Tagetes* sp.). Segundo Kämpf (2000), sua permanência no campo por quatro meses e meio é suficiente para eliminar os nematóides do solo.

O cravo-de-defunto caracteriza-se por ser uma planta de fácil cultivo, bastante decorativa, de ciclo relativamente longo (Clark & Williamson, 1979), com variação de tamanho, cor e espécie, muito empregada para forrações de jardins, maciços, floreiras e também para o corte.

Além de sua importância como planta ornamental, seu efeito fungicida tem despertado interesse, sendo estudado extensivamente seus componentes químicos inibidores no desenvolvimento de fungos como o *Sclerotium cepivorum* que ocorre na cultura da cebola, *Colletotrichum gloeosporioides* na mangueira e *Alternaria solani* na cultura da batata (Tygadlo et al., 1993).

Como características medicinais e farmacêuticas, foram observados efeitos terapêuticos significantes sobre carcinomas “in vitro” e em problemas hepáticos (Vasilenko et al., 1990), sendo também rica em flavonóides e carotenóides, pigmentos importantes para a fabricação de corantes naturais.

Por ser uma cultura com características importantes para tantas áreas, torna-se imprescindível o conhecimento de diferentes sistemas de cultivo na sua produção,

caracterização ambiental destes sistemas e determinação do seu consumo de água, permitindo assim, generalizar os resultados obtidos para outras regiões.

Dada a ausência de dados relativos a esta cultura, este trabalho teve como objetivo medir, dentro e fora de ambiente protegido, o seu consumo de água, por meio de lisímetros de lençol freático constante, para determinação dos coeficientes de cultura (K_c) em todos os seus estádios de desenvolvimento; e caracterizar os elementos meteorológicos nos dois ambientes.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A cultura

Os *Tagetes* sp., vulgarmente conhecidos por cravo-de-defunto, pertencem à Família Asteraceae (Compositae) sendo originárias de espécies selvagens mexicanas. Estão representadas por quatro grupos: Americano (*Tagetes erecta* L.), Francês (*Tagetes patula* L.), Signet (*Tagetes signata* L., *Tagetes tenuifolia* Cav.) e híbridos triplóides (Clarck & Williamson, 1979). Caracteriza-se por ser uma planta herbácea, decorativa e de fácil cultivo, com florescimento principalmente na primavera e verão (Flortec, 1998).

O *Tagetes patula* L., é uma planta herbácea anual de caule baixo, de 20-30 cm de altura, compacta, de folhagem com cheiro característico. Possuem flores em capítulos pequenos simples ou dobrados, solitários, em tonalidades variáveis de amarelo, alaranjado e marrom-avermelhado. Cultivados quase que exclusivamente em bordaduras e em forração, formando maciços compactos desenhados, e em canteiros de terra enriquecida com húmus (Lorenzi & Souza, 1995).

Sua propagação é realizada por sementes, sendo a temperatura média ideal para uma boa germinação de 18 a 25°C, sem sensibilidade à luz. Necessitam de substratos com boa aeração e drenagem, e matéria orgânica bem decomposta (Flortec,1998).

Segundo Lorenzi & Souza (1995), é uma planta de pleno sol e de grande resistência, sendo uma das poucas espécies anuais que pode ser cultivada em regiões tropicais durante o período do verão. A cultura requer irrigação suplementar, podendo ser utilizada irrigação por sulco ou aspersão (Medina & Bemiller,1993).

As sementes germinam em qualquer época do ano em sementeiras, podendo ser plantadas diretamente nos canteiros, a uma distância de 30 a 40 cm entre as mudas dos tipos mais altos e de 15 cm entre as das variedades menores (Enciclopédia de Plantas e Flores, 1977).

Além de serem utilizadas como planta ornamental, exibem atividade nematicida, fungicida e inseticida. Vasudevan et al. (1997), relataram que os maiores componentes bioativos são polythienyls e terpenóides. As composições de extratos de raízes, folhas e flores variam em thienyls, predominantes em extratos de raízes e terpenóides em flores e óleo de folhas.

Para Huang (1984), a rotação com esta cultura é um método efetivo para controlar nematóides e insetos em ambientes protegidos, sendo uma das plantas mais utilizadas para este fim. Este mesmo autor em experimento com cenoura e cravo-de-defunto em ambiente protegido, observou redução na população de *Meloidogyne javanica*, mostrando que rotações com a cultura de interesse, não servem somente para controlar nematóides, mas também para melhorar o solo do cerrado brasileiro, especialmente durante a estação chuvosa.

Oduor-Owino & Waudo (1994) observaram o mesmo efeito em um estudo com intercalação de tomate e cravo-de-defunto (*Tagetes minuta*) em ambiente protegido.

Hackney & Dickerson (1975) avaliaram em ambiente protegido, o potencial nematicida do *Tagetes* sp., Feijão e Crisântemo, cultivados simultaneamente com o tomate, hospedeiro do *Meloidogyne incognita* e *Pratylenchus alleni*, concluindo que o *Tagetes*.sp. foi o mais eficaz.

Segundo Belcher & Hussey (1977), o efeito nematicida é mais eficaz contra o ataque de *Meloidogyne incognita* em um esquema de rotação de cultura, do que plantado junto com tomate. Segundo os mesmos autores, o efeito do *Tagetes patula* foi 27% maior que o amendoim, um não hospedeiro, na redução de *Meloidogyne incognita*.

2.2. Ambiente protegido e elementos meteorológicos

Segundo Sganzerla (1995), o cultivo em ambiente protegido, além de proteger a cultura dos efeitos negativos do vento, chuvas e granizo, possibilita aumentos consideráveis na produtividade, maior precocidade e melhor qualidade. Como desvantagens, Oliveira (1995), cita as altas temperaturas em seu interior e a penetração insuficiente de luz, que podem causar um aumento do índice de doenças, havendo portanto, a necessidade de cuidados especiais na elaboração de sistemas de irrigação e ventilação de acordo com o clima de cada região e o tipo de cobertura utilizada.

A utilização de ambiente protegido com cobertura plástica de polietileno de baixa densidade (PEBD) implica diversas modificações micrometeorológicas, pois o plástico absorve e reflete parte da radiação incidente, sendo o restante transmitido para

dentro do ambiente. Dentro do ambiente, há novamente absorção e reflexão pela superfície protegida, e assim sucessivamente até que os processos de reflexão e absorção pela cobertura e pela superfície do terreno tornem-se desprezíveis (Pereira et al., 2002).

A cobertura plástica apresenta opacidade parcial à radiação solar global, não permitindo a passagem de ventos, retendo quase todo o vapor d'água, fazendo com que no seu interior, as temperaturas alcançadas sejam mais altas. A modificação destes elementos provoca alterações no balanço de radiação e no balanço de energia em relação ao meio externo (Farias, 1992).

De acordo com sua coloração, opacidade ou transparência, os filmes plásticos se comportam diferentemente quanto à absorção, reflexão e transmissão das radiações de onda curta e longa (Robledo & Martin, 1981). Kurata (1990) observou que a densidade de fluxo da radiação solar global no interior de ambientes protegidos é menor que a verificada no campo, devido à maior reflexão e maior absorção da energia incidente.

Devido às suas características óticas, a cobertura plástica atua como dispersante da radiação solar, podendo aumentar a fração difusa da radiação solar no interior do ambiente protegido. Este efeito é bastante desejável, uma vez que esta componente é multidirecional, sendo mais efetiva nos processos de fotossíntese, devido a maior penetração através do dossel, podendo compensar, em parte, a opacidade do filme plástico à radiação solar (Farias et al., 1993).

Cunha (2001), trabalhando com a cultura de pimentão (*Capsicum annuum* L.) em ambiente protegido e campo, observou que o cultivo protegido apresentou, ao longo do ciclo da cultura, uma transmissividade média de 68,81% da radiação solar total incidente.

Nos meses de novembro e dezembro de 1996, Sentelhas et al. (1997) avaliaram o efeito de diferentes tipos de cobertura em mini-estufas na atenuação da radiação solar e da luminosidade. De acordo com os autores, o polietileno de baixa densidade provocou atenuação da radiação solar global de 20,3%, da radiação fotossinteticamente ativa de 13,3% e do saldo de radiação de 22,6%.

Giacomelli et al. (1988), em ambiente protegido, tipo arco, coberto com filme duplo de polietileno, observaram que a transmissividade foi de 64,7% para a energia disponível (R_n) e 67,1% para a radiação fotossinteticamente ativa (RFA).

Camacho et al. (1995) observaram que o maior efeito da cobertura de polietileno (100 μ m) sobre a temperatura do ar ocorreu em seus valores máximos e mínimos, encontrando valores inferiores entre os meses de junho e outubro. Buriol et al. (1993), constataram que as temperaturas mínimas do ar em condições de ambiente protegido foram, em média, 1,2 °C superiores às verificadas em condição de campo.

Faria Jr. (1997) observou que no verão os valores de temperatura máxima foram de 3 a 5 °C mais elevadas no ambiente protegido que em campo, sendo as diferenças com relação às temperaturas mínimas de 0,3 °C. Observou ainda, valores de umidade relativa superiores nessa condição.

A variação da umidade do ar no interior de ambientes protegidos depende principalmente da temperatura do ar e da ventilação. A temperatura do ar varia principalmente em função da densidade de fluxo da radiação solar incidente e da ventilação, a qual depende da área, tipo, localização e manejo das aberturas e da velocidade de troca do ar do interior com o exterior (Seemann, 1979; Buriol et al., 2000). De acordo com Farias et al.

(1994), a velocidade do vento no interior de ambientes protegidos é estimada em 5% do que é verificado externamente.

2.3. Evapotranspiração

O processo simultâneo de transferência de água para a atmosfera por evaporação da água do solo e por transpiração das plantas vem a ser o fenômeno da evapotranspiração. Sua medida é difícil e onerosa, justificando sua utilização apenas em condições experimentais, sendo os lisímetros, equipamentos mais utilizados para esse fim (Pereira et al., 2002).

Slatyer & McIroy (1961) citados por Cury Lunardi et al. (1997), fazendo considerações sobre a utilização de lisímetros na determinação da evapotranspiração da cultura e da evapotranspiração de referência, comentam que estes equipamentos apresentam-se como os mais indicados, desde que seja considerada uma área tampão onde se utilizam as mesmas condições de manejo.

Cury Lunardi (2000), encontrou diferenças de precisão na medida da evapotranspiração de referência (Eto), em função do teor de umidade da superfície do solo nos lisímetros. Com a superfície seca, embora com umidade suficiente na profundidade de desenvolvimento radicular, a autora observou que a evaporação é praticamente interrompida, sendo os valores medidos essencialmente transpiração das plantas.

Com o objetivo de determinar a metodologia mais eficiente para medir e ou, estimar a evapotranspiração, Amorim et al. (2001) verificaram que o modelo de Penman-

Monteith foi superior aos instrumentos de medição, como o Tanque “Classe A” e os lisímetros, a nível diário e em intervalos de 5 dias.

Os parâmetros meteorológicos expressos pela radiação solar, insolação, temperatura do ar, umidade relativa do ar e precipitação interagem com a cultura, estimulando a evapotranspiração (Ometto, 1981). A disponibilidade de energia, a demanda atmosférica, e o suprimento de água no solo, são fatores que controlam a evapotranspiração (Pereira et al., 1997). Se estes sofrem alterações no interior de ambientes protegidos, resultam em diferença no consumo de água pelas plantas em relação ao ambiente externo (Klosowski, 2001).

A cobertura plástica utilizada em ambientes protegidos é responsável por alteração significativa no balanço de radiação que ocorre em seu interior, devido à atenuação da radiação solar, o que acaba resultando em redução no saldo de radiação interno e, conseqüentemente, na evapotranspiração (Pereira et al., 2002). Assim, no interior de ambientes protegidos, a evapotranspiração é, geralmente menor do que aquela observada a céu aberto, ficando em geral, em torno de 70 a 80% daquela verificada externamente, devido não somente à redução no saldo de radiação interno, mas também à menor ventilação interna e à maior umidade do ar interno (Farias, 1992).

Segundo Martins & Gonzales (1995), em alguns momentos, a temperatura elevada e a baixa umidade relativa, contribuem para o aumento da evapotranspiração no ambiente protegido.

Guiselini (2002), utilizando o método gravimétrico para medir a evapotranspiração no interior de ambientes protegidos com diferentes tipos de cobertura, verificou que a evapotranspiração no interior de ambientes protegidos é inferior àquela que

ocorre em condições externas, e que as diferenças da evapotranspiração entre ambiente protegido e condição de campo irá depender de diversos fatores, especialmente daqueles relacionados ao tipo de cobertura utilizada no ambiente protegido.

O coeficiente de cultura (K_c) é a razão entre a evapotranspiração da cultura (ET_c) e a evapotranspiração de referência (ET_o), ou a percentagem de demanda evapotranspirométrica das culturas, enquanto não existir limitações de água no solo. O valor deste coeficiente varia ao longo do ciclo da cultura, tomando-se para a mesma cultura, mais ou menos constante em determinados estágios do desenvolvimento (Ometto, 1981), sendo elemento importante no indicativo do consumo de água ideal para a planta durante todo o seu ciclo.

O emprego de coeficientes relacionando a evapotranspiração da cultura e parâmetros meteorológicos permitem a comparação ou a reprodução dos valores em outros locais e épocas (Klosowski, 2001).

Allen et al. (1989) sugeriram que os valores de coeficiente de cultura (K_c) sejam determinados empiricamente para cada cultura baseados em dados de lisímetro e nas condições climáticas locais. Fronza et al. (2001) concluíram que para determinação e uso agrícola do coeficiente de cultura é recomendado que se repita por um maior número de anos (superior a 3), de forma a se obter um K_c confiável.

Klosowski (2001) determinando o consumo de água, em cultura de pimentão em ambiente protegido, observou que o coeficiente de cultura variou de acordo com estágio de desenvolvimento da cultura, apresentando valores entre 0,4 e 0,7.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização da área experimental

O experimento foi conduzido na área experimental do Departamento de Recursos Naturais – Setor de Ciências Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu-SP, com as seguintes coordenadas geográficas: latitude de 22°51'S; longitude de 48°26'W e altitude 786m na cidade de Botucatu, Estado de São Paulo.

O clima para o município de Botucatu, segundo critérios adotados por Köeppen, é do tipo Cwa, caracterizado como clima temperado quente com chuvas no verão e seca no inverno. A temperatura média do mês mais quente é superior a 22°C, temperatura média anual próxima de 20,5°C e a precipitação média anual de 1479mm (Cunha et al., 1999).

3.2. Características químicas e físicas do solo

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Eutrófico, A moderado, textura média, segundo Embrapa (1999).

Para as análises química e física do solo, foram coletadas amostras aleatórias em 4 pontos do ambiente protegido e 4 do campo, a uma profundidade de 0,20 m.

Quadro 1. Análise química do solo – Departamento de Recursos Naturais – Setor Ciência do Solo. (*pt (ambiente protegido); *ca (campo)).

Amostras	pH	M.O.	P _{resina}	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³			Mmol dm ⁻³				%
1 ^{pt}	6,4	41	919	13	6,0	170	58	234	247	95
2 ^{pt}	5,7	22	111	16	6,0	58	16	80	96	83
3 ^{pt}	6,3	34	986	13	5,6	170	52	228	241	94
4 ^{pt}	6,3	34	759	13	5,6	160	52	218	231	94
5 ^{ca}	6,6	24	512	11	3,7	85	30	119	130	91
6 ^{ca}	6,5	26	713	17	5,2	140	44	189	206	92
7 ^{ca}	6,6	21	596	12	3,2	87	40	130	142	92
8 ^{ca}	6,5	22	418	13	3,2	66	30	99	112	89

Quadro 2. Análise física do solo – Departamento de Recursos Naturais – Setor Ciência do Solo. (*pt (ambiente protegido); *ca (campo)).

Amostras	Granulometria (%)		
	Areia	Argila	Silte
1 ^{pt}	61,12	31,35	7,53
2 ^{ca}	60,07	29,35	10,58

A partir da análise química do solo, o Departamento de Recursos Naturais – Setor de Ciência do Solo da Faculdade de Ciências Agronômicas, Câmpus de Botucatu-SP, não recomendou a adubação complementar.

3.3. Área Experimental

O experimento foi conduzido em duas áreas de 280m², orientadas no sentido NNW-SSE, sendo a primeira no campo e a segunda constituída por um ambiente protegido tipo arco, com 7,0m de largura, 40,0m de comprimento, 4,0m de altura máxima e 2,2m de pé direito. Utilizou-se a cobertura de polietileno de baixa densidade (PEBD), difusor de luz, com 150µm de espessura, tendo nas laterais sombrite com 50% de redução da radiação solar.

Os canteiros de plantio tinham 36,0m de comprimento e 1,0m de largura, com espaçamento de 1,0m entre canteiros. Cada canteiro possuía 3 linhas de cultura, espaçadas de 0,30m entre fileiras e 0,20m entre plantas, totalizando 1350 plantas na área experimental.

3.4. A cultura

A cultura utilizada foi o cravo-de-defunto (*Tagetes patula* L.), com 15 a 20cm de altura, de flores simples e dobradas, em tonalidades de amarelo, laranja, vermelho, marrom-claro ou em combinações dessas cores. É cultivada como planta ornamental e para o controle natural de pragas e doenças.

3.5. Monitoramento dos elementos meteorológicos

Os dados meteorológicos dentro e fora do ambiente protegido, foram obtidos através de uma estação meteorológica automática, utilizando-se um Datalogger 21X fabricado por Campbell Scientific Inc., sendo as médias de cada 5 minutos armazenadas em um módulo de memória externo, modelo SM192. A cada 7 dias, esses valores foram transferidos para um microcomputador, gerando-se as curvas diárias de cada um dos elementos medidos, abaixo relacionados com os respectivos sensores:

- Temperatura e umidade relativa do ar, modelo HMP45C (-35°C a +50°C e 0 a 100%);
- Velocidade (0 a 60 m s⁻¹) e direção do vento (0 a 360°), modelo 03101-5, com 0,2 m s⁻¹ de velocidade de partida;
- Temperatura do solo (-35°C a +50°C), termistor modelo 107B;
- Radiação solar global e refletida, emissão atmosférica e terrestre, saldo radiômetro Kipp-Zonen, modelo CNR1;
- Radiação difusa, piranômetros Kipp-Zonen modelo CM3, com anel de sombreamento;
- Temperatura em bulbo seco e úmido, psicrômetros com ventilação natural.

3.6. Evapotranspiração de referência (ET_o)

A evapotranspiração de referência (ET_o) foi medida com 5 lisímetros de lençol freático constante, instalados no centro de uma área de 6700 m², ao lado da área experimental, plantados com grama.

A fim de se obter uma média aritmética da evapotranspiração de referência medida nos 5 lisímetros, os dados foram submetidos a uma análise estatística para verificar se os mesmos não diferiram entre si.

3.7. Estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) pelo método de Penman-Monteith

A evapotranspiração foi estimada, utilizando-se o método proposto por Penman-Monteith com a parametrização proposta pela FAO (Allen, 2000).

É considerado como o método mais adequado para estimar a evapotranspiração de uma cultura na escala diária, por representar a influência da componente do balanço de energia e da componente aerodinâmica e pode ser representado como segue:

$$ET_o = \frac{0,408 s(Rn - G) + g \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{s + g(1 + 0,34 U_2)} \quad (1)$$

sendo:

Declividade da curva de pressão de vapor em kPa °C⁻¹;

$$s = \frac{4098 e_s}{(t + 237,3)^2} \quad (2)$$

Energia líquida (R_n) em $\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$;

$$R_n = BOC + BOL \quad (3)$$

Saldo de ondas curtas (BOC) em $\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$;

$$BOC = (1 - \alpha) R_g \quad (4)$$

Saldo de ondas longas (BOL) em $\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$;

$$BOL = -4,8989 * 10^{-9} T^4 \left(0,89 \frac{n}{N} + 0,12 \right) (0,34 - 0,14 \sqrt{e_a}) \quad (5)$$

Pressão atual de vapor (e_a) em kPa;

$$e_a = e_s * UR / 100 \quad (6)$$

Pressão de saturação (e_s) em kPa;

$$e_s = 0,6108 * 10^{\left(\frac{t * 7,5}{t + 237,3} \right)} \quad (7)$$

onde:

G = Densidade de fluxo de calor para o solo ($\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$)

R_g = radiação solar global ($\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$)

α = albedo da superfície = 0,23 (adimensional)

n = insolação diária (h)

t = temperatura de bulbo seco ($^{\circ}\text{C}$)

UR = umidade relativa do ar (%)

λ = calor latente de evaporação ($2,45 \text{ MJ kg}^{-1}$)

γ = $0,0622 \text{ kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$

T = temperatura do ar (K)

U_2 = velocidade do vento registrada a 2 metros (m s^{-1}).

3.8. Consumo de água (ETc) e transpiração (T) da cultura

O consumo de água da cultura foi obtido nos dois ambientes, com 3 lisímetros de lençol freático constante em cada ambiente. Para a medida da transpiração da cultura, um deles foi coberto com plástico transparente rente ao solo, acima do qual foi adicionada uma fina camada de solo, a fim de não alterar suas condições reflectivas. Os outros dois sem cobertura, mediam a evapotranspiração ou consumo de água da cultura.

Cada lisímetro era composto por uma caixa de cimento amianto, um tanque intermediário e um tanque medidor, conforme Figura 1, cujas características são descritas a seguir.

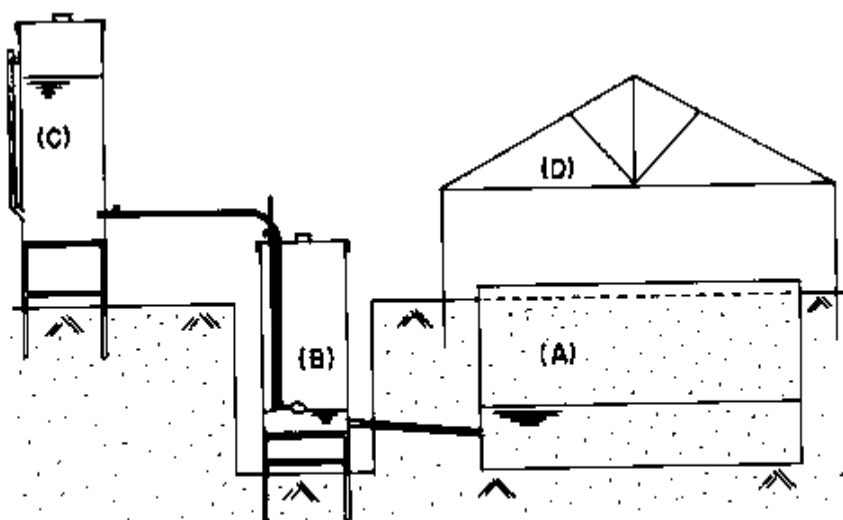


Figura 1 – Representação de um lisímetro de lençol freático constante.

3.8.1. Caixa de cimento amianto (A)

As caixas de cimento amianto tinham 1,30m de comprimento, 1,10m de largura e 0,70m de altura, tendo acoplados na parte inferior central um tubo de PVC com 1 polegada de diâmetro para interligação ao tanque intermediário.

No fundo dessas caixas foram colocadas camadas de 50cm de brita, seguidas de areia grossa, sendo o restante completado com o solo retirado do local, seguindo à ordem natural dos horizontes.

O lençol freático foi mantido a 0,30m da superfície do solo.

3.8.2. Tanque intermediário (B)

Os tanques intermediários, construídos em chapas de ferro galvanizado com 0,30m de diâmetro e 0,80m de altura, tinham na parte superior uma tampa removível. Por esta tampa, dois orifícios permitiam a passagem de uma mangueira plástica transparente de ½ polegada que conduzia água do tanque medidor ao tanque intermediário, e uma haste de cobre com uma bóia fixa na extremidade inferior. A altura da haste podia ser variada, modificando assim, a altura do lençol freático nos lisímetros.

3.8.3. Tanque medidor (C)

Construídos em chapa de ferro galvanizado com 0,30m de diâmetro e 0,80m de altura. Apresentava saída para o tanque intermediário e tomada para bureta graduada em ml, através da qual eram feitas as leituras.

3.8.4. Cobertura das caixas (D)

Com a finalidade de evitar a entrada de água nas caixas, em caso de precipitação, foi utilizada para a área externa, uma armação de madeira, coberta com plástico transparente.

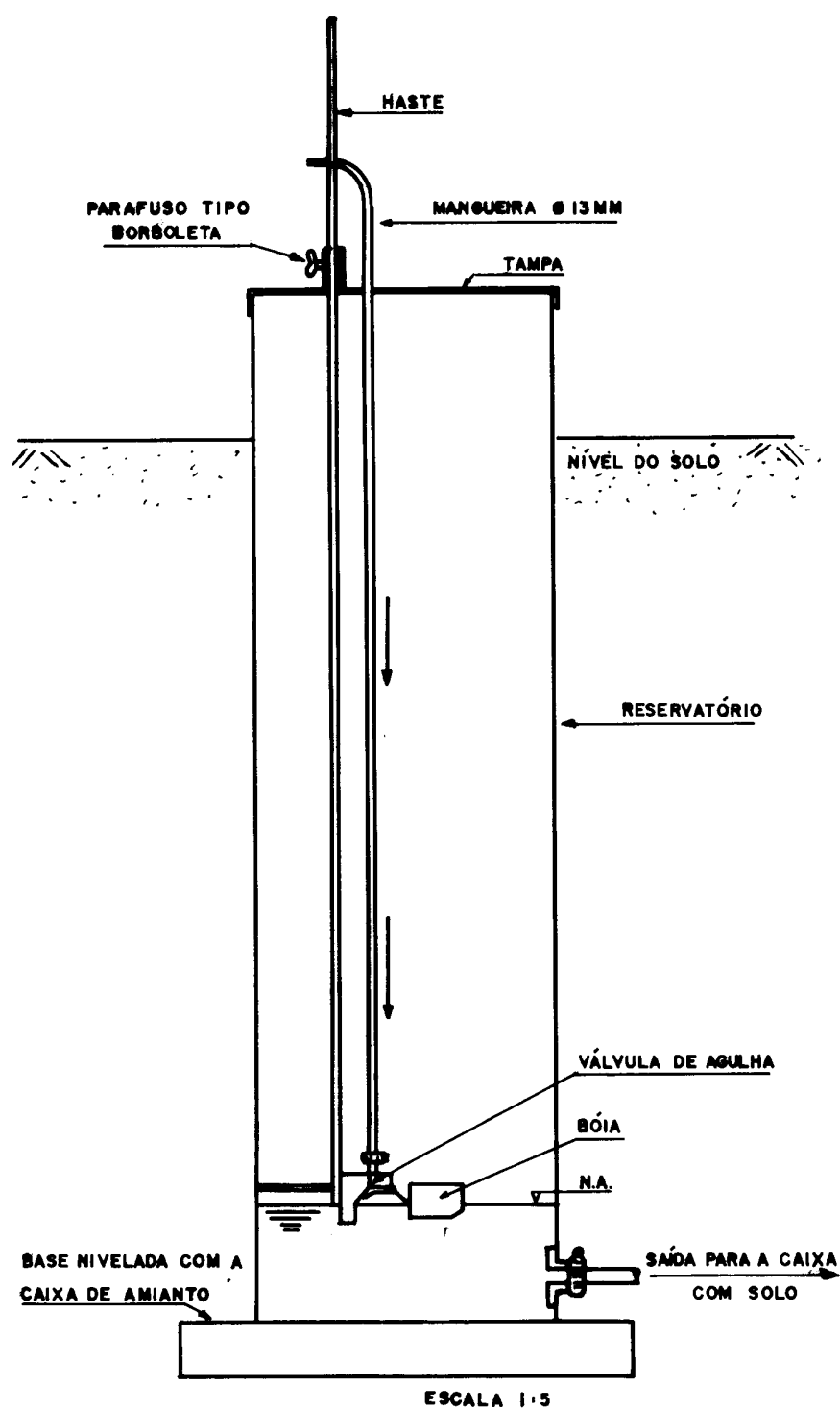


Figura 2. Representação do tanque intermediário do lisímetro de lençol freático constante.

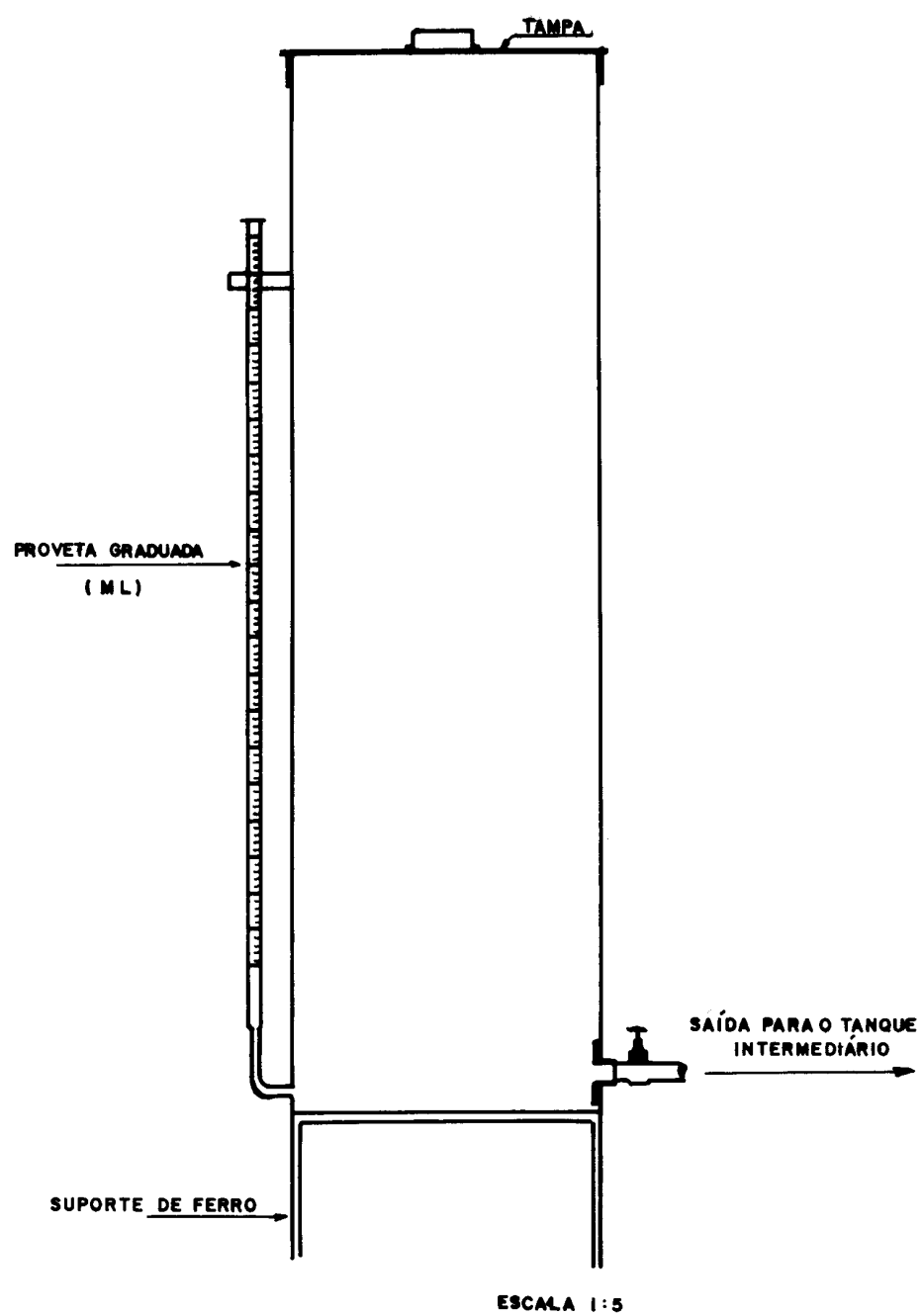


Figura 3. Representação do tanque medidor do lisímetro de lençol freático constante.

3.8.5. Operação dos lisímetros

Conforme a água no solo do reservatório evapotranspirométrico era retirada, pelas plantas e por evaporação do solo, ocorria uma compensação simultânea do nível freático nos tanques intermediário e medidor, acompanhando-se diariamente, às 8 horas da manhã, o consumo de água, através da leitura na bureta do tanque medidor. Este valor era subtraído da leitura do dia anterior e convertido em milímetros de evapotranspiração através de um fator de calibração (FC), obtido da relação entre a área do tanque medidor e da superfície evapotranspirante.

3.9. Condução do experimento

O preparo do solo foi feito com enxada rotativa e enxadão, 7 dias antes do transplante das mudas. De acordo com os resultados da análise química do solo realizado no Departamento de Recursos Naturais – Setor de Ciência do Solo da Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP/Botucatu, nenhuma prática de adubação inicial foi recomendada.

O preparo das mudas foi efetuado no viveiro de mudas florestais, no dia 16/04/02 utilizando-se bandejas de polietileno expandido (isopor) de 128 células, semeando uma semente por célula, em substrato comercial. As bandejas permaneceram dentro de ambiente protegido recebendo irrigação e a aplicação de nitrato de cálcio e cal de pintura, como fertirrigação, 2 vezes ao dia até a data do transplante.

Foram transplantadas uma muda por cova, no dia 20/05/02, selecionando-se as mais vigorosas.

Quinze dias após o transplante das mudas, foi detectada a presença do mosquito Tripes nas plantas, sendo aplicado imidacloprid, 30 gramas para cada 100 litros de água. Também foram observadas manchas brancas nas plantas, sendo aplicado 10 gramas por metro linear de nitrato de cálcio.

Para o controle de plantas daninhas, foram feitas capinas manuais.

3.10. Manejo da irrigação

Foi utilizado o sistema de irrigação por gotejamento, com tubos gotejadores distribuídos ao longo das linhas de plantio, com espaçamento de 0,30m entre eles. Um filtro de disco foi utilizado para evitar o entupimento dos gotejadores e consequentemente, a desuniformidade da lâmina de água a ser aplicada.

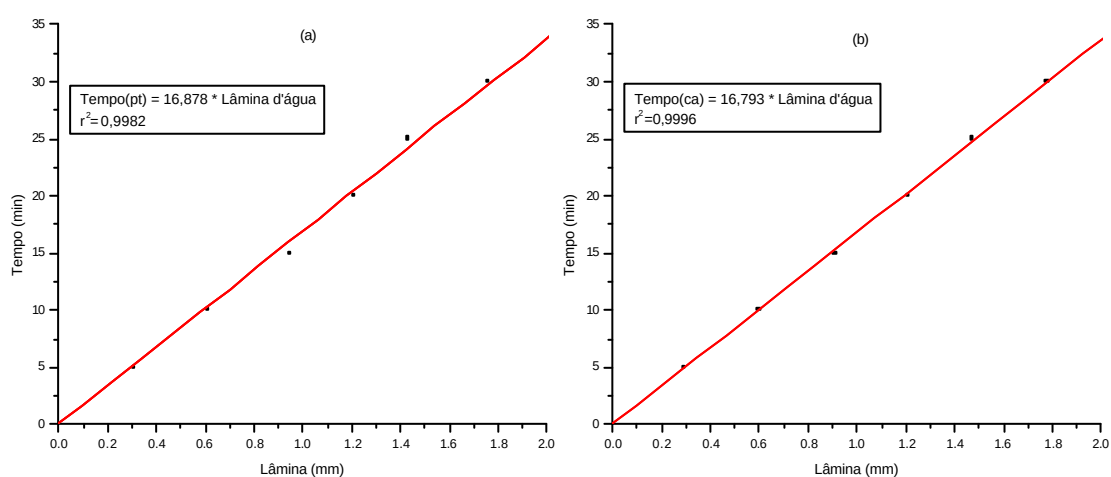


Figura 4. Lâmina de água a ser aplicada em função do tempo de abertura dos gotejadores, nas condições de ambiente protegido e campo.

O controle da irrigação foi efetuado, baseando-se nos valores da evapotranspiração, obtidos através das médias das leituras diárias, feitas nos lisímetros.

O tempo para aplicar a lâmina d'água (mm) desejada, em ambiente protegido, pode ser descrito pela equação (8), e para a condição de campo, pela equação (9), obtidas por um modelo de regressão entre vazão e tempo para os gotejadores, cujas correlações são mostradas na Figura 4, sendo a lâmina d'água dada pela leitura dos lisímetros em mm.

$$\text{Tempo} = 16,878 * \text{Lâmina d'água} \quad (8)$$

$$\text{Tempo} = 16,793 * \text{Lâmina d'água} \quad (9)$$

A necessidade diária de água das plantas da área fora dos lisímetros, nos dois ambientes, foi determinada através das leituras lisimétricas.

3.11. Coeficiente de cultura

O coeficiente de cultura foi obtido a partir da seguinte relação:

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_o} \quad (10)$$

onde ET_c é a evapotranspiração da cultura do *Tagetes* sp., medida com os lisímetros e ET_o é a evapotranspiração de referência medida com os lisímetros plantados com grama.

O coeficiente de cultura (K_c) é composto pelo coeficiente de cultura basal (K_{cb}), função da transpiração da cultura, mais o coeficiente de evaporação do solo (K_e), ou seja:

$$K_c = K_{cb} + K_e \quad (11)$$

Os valores de K_{cb} foram obtidos através da seguinte relação:

$$K_{cb} = \frac{T}{ET_o} \quad (12)$$

sendo T a transpiração da cultura medida nos lisímetros, cujo solo foi coberto com plástico.

O coeficiente K_e , função da evaporação do solo, foi obtido pela diferença entre K_c e K_{cb} :

$$K_e = K_c - K_{cb} \quad (13)$$

3.12. Amostragem das plantas e medidas após o transplante

Para análise das condições das plantas dentro dos lisímetros, durante o experimento foram colhidas semanalmente 4 plantas da área de bordadura com maior semelhança com as plantas dos lisímetros. No final do experimento foram utilizadas 4 plantas coletadas de dentro dos próprios lisímetros. A análise das plantas da bordadura foi feita semanalmente coletando-se 4 plantas aleatórias.

As medidas efetuadas após o transplante foram: altura da planta, contagem do número de folhas, número de flores, peso de matéria fresca, peso de matéria seca, área foliar e índice de área foliar.

A altura das plantas foi medida da base do caule até as folhas mais altas, utilizando-se uma régua graduada em centímetros. O número de folhas e botões florais foi obtido por contagem individual de cada planta.

A área foliar, em centímetros quadrados, foi obtida com o auxílio de um Medidor de Superfície Laminar, modelo MSL – 80, pertencente ao Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP/Botucatu.

Para determinar o índice de área foliar (IAF), foram utilizadas as medidas de área foliar total de 4 plantas (AF em m²) e respectiva área de solo disponível para a planta (m²), calculando como se segue:

$$IAF = \frac{AF}{0,06} \quad (14)$$

Depois de efetuadas as medidas acima, as amostras foram pesadas em uma balança digital para a obtenção do peso de matéria fresca, e conseqüentemente expostas à secagem em estufa a 70°C, até peso constante, para a obtenção do peso de matéria seca.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Variação dos elementos meteorológicos nas condições de ambiente protegido e campo.

4.1.1. Temperatura e Umidade relativa do ar

Durante o período de 81 dias (21/05 a 09/08/2002), os valores médios diários da temperatura do ar na condição de ambiente protegido e na condição de campo, foram 22,15 e 18,85°C, respectivamente, caracterizando um valor médio 17% superior, ou seja, 3,3°C, para o ambiente protegido.

Segundo Seemann (1979), durante o dia, o saldo de radiação positivo, faz com que a superfície do solo aqueça a parcela de ar próxima a ela, gerando um processo convectivo. Esse processo é interrompido dentro de ambientes protegidos, devido à presença da cobertura plástica, que provoca a elevação da temperatura do ar em seu interior, afetando o balanço de energia.

Farias et al. (1993), empregando a cobertura plástica de polietileno de baixa densidade (PEBD), no Rio Grande do Sul, observaram que as médias das temperaturas máximas, por decêndio, eram entre 1,2 e 4,4 °C maior que a verificada a céu aberto.

Evangelista & Pereira (2001) e Cunha (2001) observaram que em ambiente protegido, as diferenças entre os valores mínimos e médios de temperatura do ar foram ligeiramente superiores, e de temperatura máxima muito superiores.

Os valores médios da umidade relativa do ar no interior do ambiente protegido foram ligeiramente menores do que em condição de campo, apresentando uma média de 68,89 e 73,90% para as condições de ambiente protegido e campo, respectivamente, sendo a umidade relativa em ambiente protegido correspondente a 93% da umidade relativa observada em campo, como também constatado por Aguiar e Silva (2001). Esse valor, 7% menor no ambiente protegido, não significa que havia menor conteúdo de vapor d'água. Ele é devido à forma de cálculo da umidade relativa: feito através da relação entre pressão de vapor d'água e a pressão máxima ou de saturação. Com o aumento da temperatura do ar, ocorre uma diminuição no valor dessa relação, apesar do conteúdo de vapor d'água ser maior.

Analisando-se os valores da pressão parcial de vapor, forma muito mais adequada para demonstrar a condição de umidade atmosférica, observa-se que seu valor foi de 2,01 kPa no ambiente protegido e de 1,58 kPa no campo, ou seja 27% maior dentro de ambiente protegido.

Galvani (2001) avaliando os elementos agrometeorológicos no cultivo de pepino em ambiente protegido, encontrou valores médios da umidade relativa do ar ligeiramente superiores aos encontrados no campo para os ciclos de outono-inverno e

primavera-verão. O autor associou essa diferença ao efeito protetor do ambiente protegido que atua de forma a reter maior quantidade de vapor d'água em seu interior; e ao fenômeno de advecção lateral, que é mais comum em condição de campo.

De acordo com as observações de Buriol et al. (2000), a umidade relativa do ar em ambiente protegido foi superior em todo o período noturno, sendo inferior nas horas do dia em que ocorre elevação da temperatura do ar.

Quadro 3. Valores médios de temperatura do ar, umidade relativa do ar, pressão de saturação de vapor (e_s) e pressão parcial de vapor (e_a), nas condições de ambiente protegido e campo.

Dados médios do período	Ambiente Protegido	Campo
Temperatura do ar (°C)	22,15	18,85
Umidade Relativa do ar (%)	68,89	73,90
Pressão de saturação de vapor (e_s), kPa	2,73	2,21
Pressão parcial de vapor (e_a), kPa	2,01	1,58

4.1.2. Temperatura do solo

A variação das temperaturas médias do solo ao longo do ciclo da cultura, nas profundidades de 0,20 e 0,30m, para as condições de ambiente protegido e campo estão representadas no Quadro 4. Os resultados evidenciam que as temperaturas no perfil do solo quase não variaram, mostrando-se ligeiramente superiores na condição de campo.

Quadro 4. Valores médios de temperatura do solo a 0,20 e 0,30m, nas condições de ambiente protegido e campo.

Temperatura do solo (°C)		
Níveis de profundidade (m)	Ambiente protegido	Campo
0,20	19,44	21,98
0,30	19,62	20,39

Os valores médios em condição de campo apresentaram-se mais elevados na camada superior, devido ao maior fluxo de calor entre as primeiras camadas do solo em função da radiação solar direta sobre a superfície do solo. Para as profundidades de 0,20 e 0,30m, foram obtidos os valores médios de 21,98°C e 20,39°C, respectivamente. O valor médio em ambiente protegido, apresentou-se ligeiramente menor na profundidade de 0,20m (19,44°C), tendo um valor médio um pouco superior na profundidade de 0,30m (19,62°C), estando de acordo com os valores encontrados por Galvani (2001).

A Figura 5 mostra as variações da temperatura do solo e da radiação solar global no decorrer de um dia de céu limpo (09/06/2002), e a Figura 6, as variações da temperatura do solo e da velocidade do vento em um dia de céu nublado (02/08/2002). Observa-se que as variações da temperatura do solo estão relacionadas com a disponibilidade de radiação solar global e com a velocidade do vento. À medida que a radiação global aumenta, há elevação da temperatura no solo, ocorrendo o inverso durante a noite. Embora a relação não ser tão direta, com o aumento da velocidade do vento, ocorre o abaixamento gradativo da temperatura do solo.

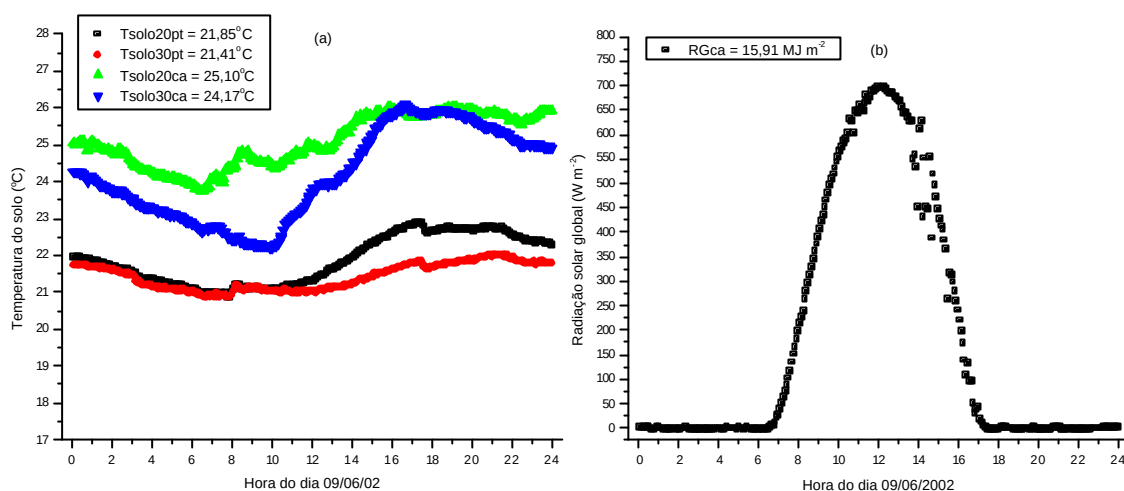


Figura 5. Variação das temperaturas do solo (T_{solo}) em ambiente protegido e campo (a), e da radiação solar global em condição de campo (b) para o dia 09/06/02 (céu limpo).

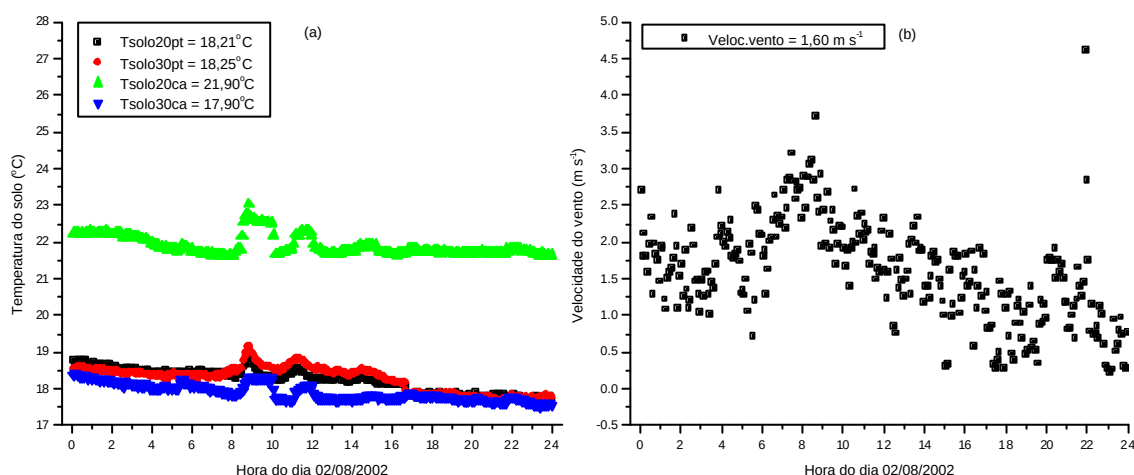


Figura 6. Variação das temperaturas do solo (T_{solo}) em ambiente protegido e campo (a), e da velocidade do vento em condição de campo (b) para o dia 02/08/02 (céu nublado).

Schneider et al. (1993), através das medidas diárias da temperatura do solo no interior de ambientes protegidos, em Santa Maria, nos horários de 9, 15 e 21h, observaram que em média, seus valores foram sempre mais elevados no interior dos ambientes protegidos, independente da profundidade de medida, ano e horário de observação, sendo essa diferença mais elevada nos dias mais frios.

Aguiar e Silva (2001) encontrou valores de temperatura do solo superiores em ambiente protegido no período sem a cultura do pimentão, do que durante o seu cultivo, justificando o fato, pelo sombreamento do solo provocado pelo dossel.

4.1.3. Velocidade do vento

A velocidade do vento média diária à 2m de altura, na condição de ambiente protegido foi de $0,41\text{m s}^{-1}$ e no campo $1,67\text{m s}^{-1}$, ou seja, a velocidade do vento em ambiente protegido representou 24,5% da medida em campo.

Para Sade (1994), dentro de ambiente protegido a velocidade do vento deve ser menor que $1,0\text{m s}^{-1}$. Galvani (2001) trabalhando com pepino, verificou que em ambiente protegido foi o equivalente a 5,73% da velocidade medida externamente.

Cunha (2001) trabalhando com pimentão, no período de 21/04 a 03/11/1999, encontrou para a velocidade do vento, valores médios de $0,11\text{m s}^{-1}$ em ambiente protegido e $2,10\text{m s}^{-1}$ em condição de campo.

4.1.4. Radiação solar global, difusa e refletida

Os valores integrados da radiação solar global ao longo do ciclo da cultura do *Tagetes* sp., nas condições de ambiente protegido e campo, foram 755,36 e $1125,13\text{MJ m}^{-2}$, respectivamente, sendo o valor médio diário de $9,33\text{MJ m}^{-2}$ no ambiente protegido, e $13,89\text{MJ m}^{-2}$ no campo.

De acordo com Seemann (1979), a menor densidade de fluxo da radiação solar no interior de ambientes protegidos é devido à reflexão e transmissividade, função da composição química do material da cobertura, do tempo de utilização, deposição de poeiras e ângulo de incidência da radiação solar.

A relação entre a radiação solar global interna e externa ou a transmissividade do polietileno, foi de 67%. Esses resultados estão de acordo com Farias et al. (1993), que observaram valores entre 65 e 90%. O mesmo foi observado por Seemann (1979), Galvani (2001), Aguiar e Silva (2001), Cunha (2001) e Evangelista & Pereira (2001).

Frisina & Escobedo (1999) trabalhando com balanço de radiação e energia em ambiente protegido de polietileno com a cultura da alface, verificaram que a transmissividade média da radiação global, foi aproximadamente constante, em torno de 79,59%.

A figura 7 (a) mostra as curvas instantâneas da radiação solar global do dia 09/06/02 (céu limpo), com valores diários integrados de 10,35 e 15,91MJ m⁻², para as condições de ambiente protegido e campo, respectivamente, com transmissividade do polietileno de baixa densidade (PEBD) de 65,05%.

As curvas instantâneas da radiação solar global do dia 02/08/02 (céu nublado) estão representadas na Figura 7 (b), com valores integrados de 2,04 e 3,03MJ m⁻² d⁻¹, para as condições de ambiente protegido e campo, respectivamente, com transmissividade do PEBD de 67,32%.

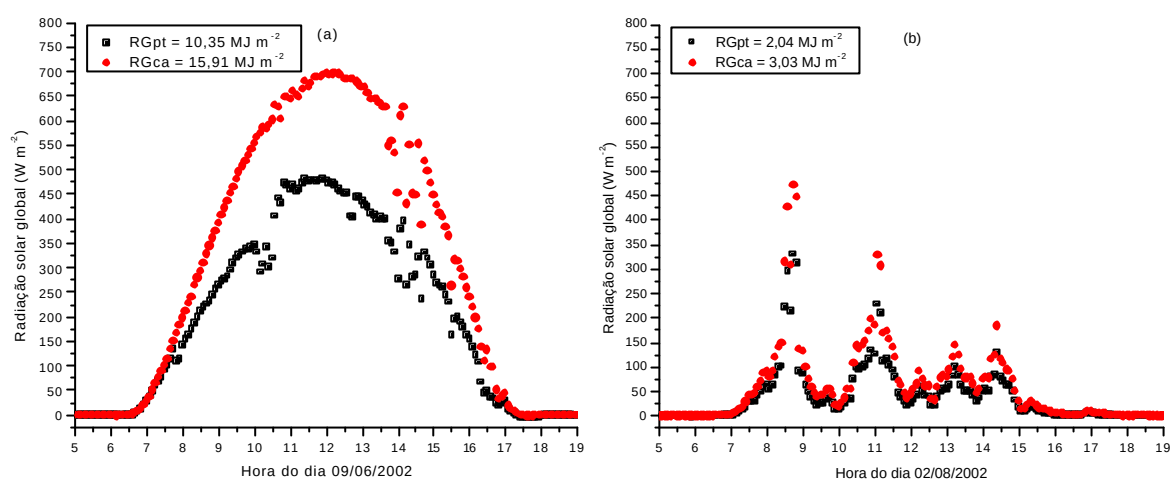


Figura 7. Curvas instantâneas da radiação solar global para os dias 09/06/02 (céu limpo) (a) e 02/08/02 (céu nublado) (b), nas condições de ambiente protegido e campo.

Quadro 5. Valores médios da radiação solar global, radiação direta, radiação difusa e radiação refletida em MJ m^{-2} , nas condições de ambiente protegido e campo, durante o ciclo da cultura, dias de céu limpo e dias de céu nublado.

Componentes	Ambiente	Período		
		Total	Limpo	Nublado
Radiação solar global (RG)	Protegido	755,36	476,51	26,83
	Campo	1125,13	719,75	39,11
Radiação solar direta (RD)	Protegido	337,75	234,54	2,59
	Campo	847,24	607,20	2,68
Radiação solar difusa (Rd)	Protegido	417,61	241,97	24,24
	Campo	277,89	112,55	36,43
Radiação solar refletida (Rr)	Protegido	80,13	52,21	2,54
	Campo	145,06	95,21	5,14

Sendo a radiação solar global formada pelas componentes direta e difusa, no Quadro 5, observa-se que no ambiente protegido a radiação solar direta representou, em média, 40% da medida no campo.

Embora a maior quantidade de radiação solar direta tenha sido observada externamente, o mesmo não ocorreu com a radiação difusa, correspondendo em média a 67% da ocorrida internamente. Observou-se, em todo o ciclo da cultura, que em condição de ambiente protegido, a componente difusa totalizou $417,61 \text{ MJ m}^{-2}$, e em campo $277,89 \text{ MJ m}^{-2}$, com valores médios diários de 5,16 e $3,43 \text{ MJ m}^{-2}$, respectivamente, mostrando o aumento da radiação difusa pelo PEBD.

Quadro 6. Relação entre radiação solar difusa (Rd) e radiação solar global (RG), nas condições de ambiente protegido e campo, em um dia de céu limpo (09/06/2002), céu nublado (02/08/2002) e durante o ciclo da cultura.

Relação	Ciclo cultura	Céu limpo	Céu nublado
Rdpt/RGpt	0,55	0,49	0,93
Rdca/RGca	0,25	0,13	0,97

Quando se compara a radiação difusa com a radiação global, observa-se que a radiação difusa interna representou, em média, 55% da radiação global interna e externamente esse valor caiu para 25%. Em um dia de céu limpo, o percentual obtido em ambiente protegido (49%) é maior do que o obtido a campo (13%). Por outro lado, o dia nublado tende a apresentar percentuais semelhantes de 93% e 97% em ambiente protegido e campo, respectivamente.

Todos esses valores estão de acordo com Farias et al. (1993), que encontraram para a radiação difusa externa, um valor de 65% daquele observado internamente, representando em média, 45% da radiação global, e externamente esse valor caiu para 24%.

Segundo estes autores, o aumento da radiação difusa dentro do ambiente protegido compensa em parte a atenuação imposta pelo plástico.

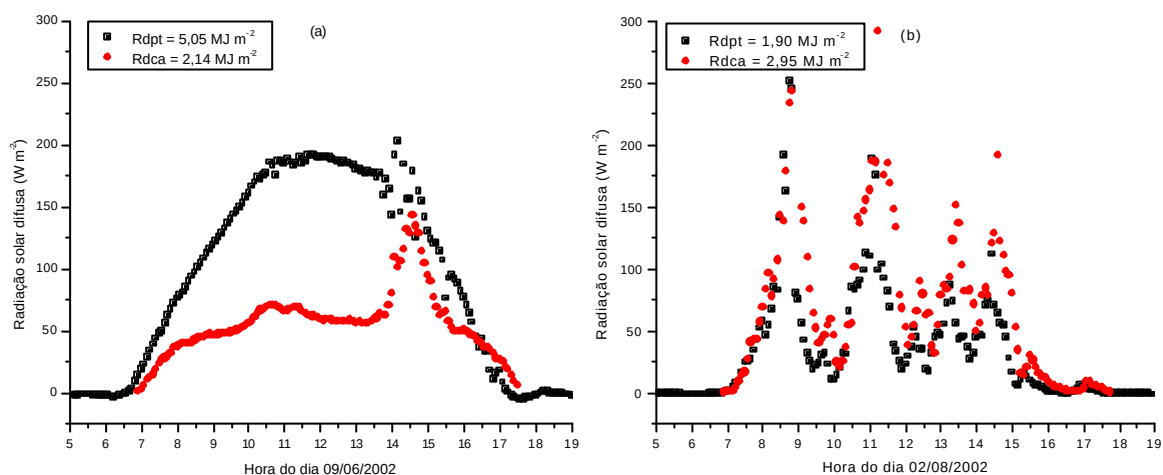


Figura 8. Curvas instantâneas da radiação solar difusa para os dias 09/06/02 (céu limpo) (a) e 02/08/02 (céu nublado) (b), nas condições de ambiente protegido e campo.

De acordo com Galvani (2001), a irradiância difusa em um dia é função da nebulosidade e do tipo de nuvem, assim, em um dia sem nuvens, os valores de radiação tendem a ser percentualmente maiores dentro do ambiente protegido, devido a difusão do polietileno. Nos dias nublados, esses valores tendem a ser semelhantes àqueles obtidos externamente.

Observa-se na Figura 8, que em dia nublado, os valores externos de radiação difusa foram semelhantes ou superiores aos observados no ambiente protegido, podendo ser explicado pelo fato de que nesses dias, a radiação global externa foi composta basicamente pela radiação difusa. Como nestas condições, praticamente não havia radiação

solar direta, a fração de radiação difusa observada internamente foi devido apenas à transmissividade da cobertura plástica à radiação solar.

A radiação refletida ao longo do ciclo da cultura apresentou valores de 80,13 e 145,06MJ m⁻², para as condições de ambiente protegido e campo, respectivamente, observando-se valores menores de radiação refletida na condição de ambiente protegido.

Em termos médios diários, a radiação refletida na condição de ambiente protegido foi de 0,99 e campo 1,79MJ m². Percentualmente, a radiação refletida em ambiente protegido representou 55% daquela ocorrida em campo, como também observado por Aguiar e Silva (2001).

Como a fração da radiação solar que é refletida pelo substrato é proveniente, em grande parte, da radiação solar direta, a redução da radiação solar refletida no ambiente protegido deve-se, à redução na transmissividade da radiação solar direta e ao efeito difusor que o polietileno exerce sobre a radiação solar global.

A razão entre a radiação refletida e a radiação solar global é chamada de coeficiente de reflexão da superfície em estudo, o qual é dependente da coloração da vegetação, condições de umidade do ar e do solo, percentagem de cobertura do solo, arranjo foliar da cultura, ângulo de inclinação solar, quantidade e tipo de nuvens (Azevedo et al., 1990).

O coeficiente de reflexão da cultura do *Tagetes* sp., ao longo do ciclo, apresentou-se menor em ambiente protegido, com um valor médio de 10,47% e a condição de campo um valor médio de 12,81%. Devido ao espaçamento (0,20 x 0,30m) utilizado, o dossel da cultura em ambiente protegido influenciou impedindo que a radiação solar refletida por esse sistema fosse registrada pelo sensor. A radiação solar que chegou nas folhas superiores do

dossel da cultura foram refletidas em todas as direções e parte dela foi registrada pelo sensor. Já a radiação solar que atingiu as folhas medianas e inferiores, ou até mesmo a superfície do solo, quando refletida atingiu novamente as folhas e era novamente refletida, formando uma “armadilha”, impedindo que parte dessa radiação solar refletida chegasse ao sensor. Como as plantas em ambiente protegido apresentaram um maior índice de área foliar e conseqüentemente, um dossel mais denso, os valores de coeficiente de reflexão foram menores.

4.1.5. Saldo de radiação

Sendo o saldo de ondas curtas (BOC) dado pela somatória entre a radiação global incidente e a radiação refletida pela superfície, ao longo do ciclo da cultura seu valor foi menor em ambiente protegido do que o obtido para a condição de campo, 675,23 e 980,07MJ m⁻², com valor médio diário de 8,34 e 12,10MJ m⁻², respectivamente.

O saldo de ondas longas (BOL), composto pela somatória entre a emissividade atmosférica (Ea) e a emissividade terrestre (Es), apresentou ao longo do ciclo da cultura, valores de -266,61 e -460,77MJ m⁻², para as condições de ambiente protegido e campo, respectivamente. O valor médio diário foi de -3,29MJ m⁻² para o ambiente protegido e -5,69MJ m⁻² para a condição de campo. A Figura 9 mostra as curvas do BOL, nas condições de ambiente protegido e campo, em um dia de céu limpo (09/06/02) e um dia de céu nublado (02/08/02). Os maiores valores para o ambiente protegido se explicam pela menor disponibilidade de radiação global em seu interior devido à absorção e reflexão da cobertura de PEBD. Um fator que afeta significativamente o balanço de ondas longas é a espessura do

plástico (Pereira et al., 2002). Em dias nublados, os valores em ambiente protegido e campo são semelhantes, devido a baixa disponibilidade de radiação global nesses dias.

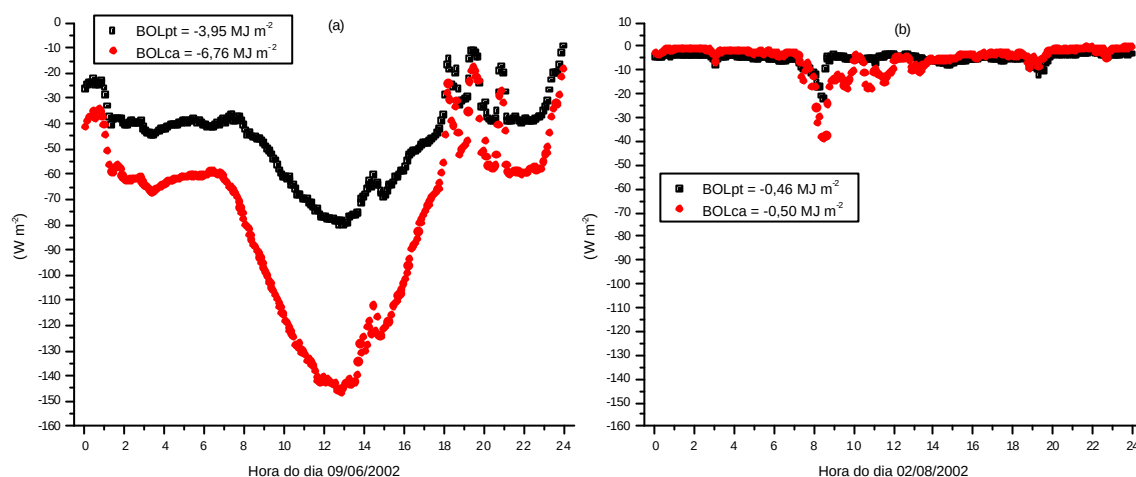


Figura 9. Curvas instantâneas do BOL para os dias 09/06/2002 (céu limpo) (a) e 02/08/2002 (céu nublado) (b), nas condições de ambiente protegido (pt) e campo (ca).

Quadro 7. Valores médios do saldo de ondas curtas (BOC), saldo de ondas longas (BOL) e saldo de radiação (Rn), nas condições de ambiente protegido e campo, para o ciclo da cultura, dias de céu limpo e dias de céu nublado.

	BOC		BOL		Rn	
	Protegido	Campo	Protegido	Campo	Protegido	Campo
Ciclo cultura	8,34	12,10	-3,29	-5,69	5,04	6,41
Céu limpo	9,64	14,19	-3,85	-6,85	5,79	7,35
Céu nublado	2,70	3,77	-1,00	-1,30	1,7	2,48

Os valores do saldo de radiação (Rn), dados pela somatória de BOC e BOL, foram menores em ambiente protegido, representando 79% do saldo de radiação medido em campo, com valores médios diários de 5,04 e 6,41 MJ m⁻² nas condições de ambiente protegido e campo, respectivamente.

4.2. Análise de crescimento da cultura do *Tagetes* sp.

Os valores médios do peso de matéria fresca (PMF), peso de matéria seca (PMS) e do índice de área foliar (IAF), obtidos de 8 plantas da área de bordadura, sendo 4 representativas da área de bordadura e 4 representativas dos lisímetros, estão representados no Quadro 8, mostrando que houve uma grande diferença entre o índice de área foliar (IAF) nos dois cultivos. O índice de área foliar na condição de campo representou em média 48% do índice de área foliar medido em ambiente protegido. Os maiores valores de área foliar em ambiente protegido indicam que as plantas tiveram um maior número de folhas e folhas de maior tamanho.

Quadro 8. Valores médios de peso de matéria fresca (PMF), peso de matéria seca (PMS) e índice de área foliar (IAF), durante o ciclo da cultura do *Tagetes* sp., nas condições de ambiente protegido e campo.

Cultivo	PMF (g)	PMS (g)	IAF
Ambiente protegido	291,70	37,17	4,27
Campo	198,72	25,66	2,04

A relação entre o peso de matéria seca (PMS) e do índice de área foliar (IAF) durante o ciclo da cultura do *Tagetes* sp., podem ser encontrados na Figura 10, mostrando que há uma estreita relação entre o peso de matéria seca e o índice de área foliar nas condições de ambiente protegido e campo.

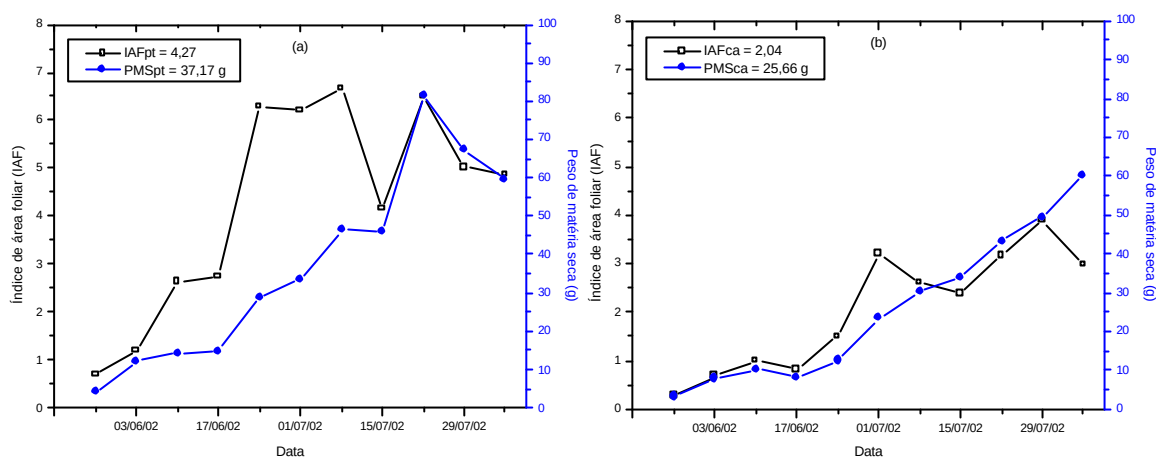


Figura 10. Variação do peso de matéria seca (PMS) e do índice de área foliar (IAF) durante o ciclo da cultura do *Tagetes* sp., nas condições de ambiente protegido (a) e campo (b).

A variação do número de folhas (NF) e da altura média das plantas (ALT), durante o ciclo da cultura, pode ser observada na Figura 11. A altura média das plantas foi de 17,48 e 16,09cm, e o número médio de folhas por planta foi de 145,61 e 112,27, nas condições de ambiente protegido e campo, respectivamente.

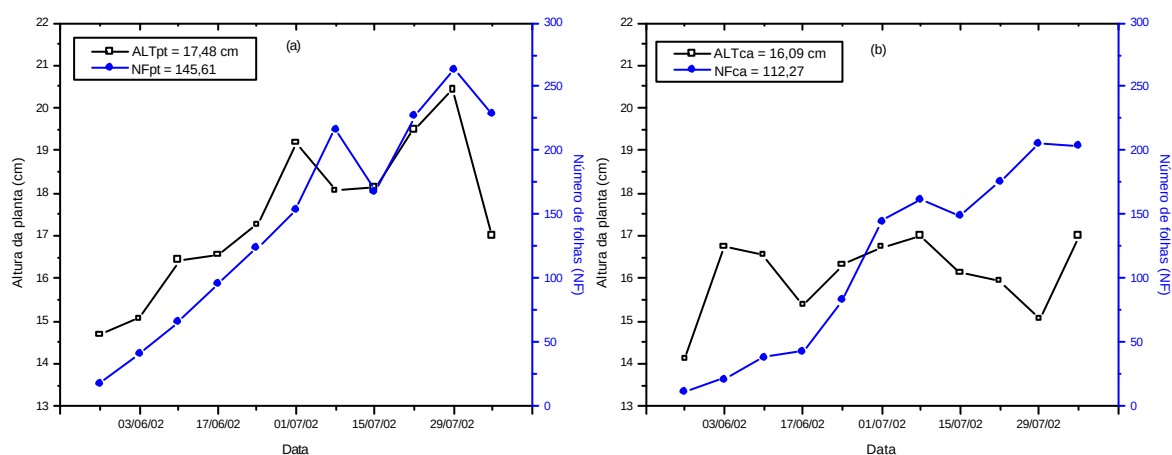


Figura 11. Altura das plantas (ALT) e número de folhas (NF) da cultura do *Tagetes* sp., nas condições de ambiente protegido (a) e campo (b).

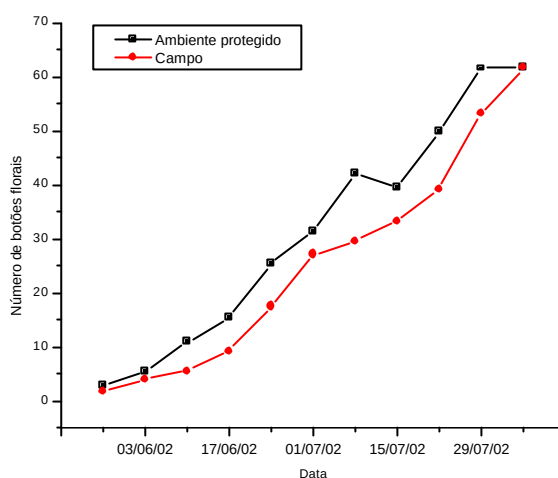


Figura 12. Valores médios semanais do número de botões florais nas condições de ambiente protegido e campo.

Quanto à produção de flores, a Figura 12 mostra que o número de botões florais na condição de campo é sempre menor que em ambiente protegido. Na 7ª semana, o ambiente protegido teve uma produção 29% maior que na condição de campo, e este só veio a ter uma produção equivalente ao ambiente protegido no final do ciclo. Dessa forma, fica evidente que em ambiente protegido, pode-se obter o máximo de flores, de melhor qualidade, em menor tempo, reduzindo os custos de produção da cultura, pois à partir da 9ª semana, apesar de se ter ainda produção, as flores já começam a entrar em senescência.

Ao longo do ciclo da cultura, 4 estádios puderam ser definidos de acordo com o seu desenvolvimento (área foliar): Estádio I: inicial (1ª a 3ª semana após o transplante); Estádio II: desenvolvimento vegetativo (4ª a 7ª semana); Estádio III: floração (8ª a 11ª semana); Estádio IV: senescência (12ª semana).

4.3. Evapotranspiração de referência (ET_o)

A evapotranspiração de referência (ET_o) medida na estação evapotranspirométrica apresentou um valor total de 143mm, com uma média de 1,8mm d⁻¹.

A evapotranspiração estimada pela fórmula de Penman-Monteith apresentou, para esse mesmo período, um valor total de 363,95mm, e valor médio diário de 4,53mm, muito superior ao valor medido. A Figura 13 mostra as curvas semanais da evapotranspiração medida e estimada.

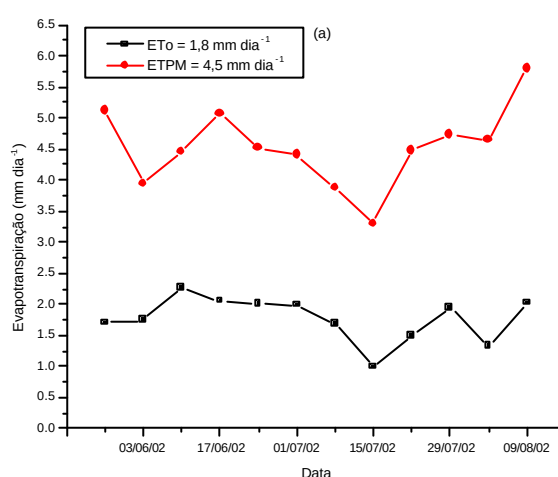


Figura 13. Curvas médias semanais da evapotranspiração de referência medida (ET_o) e da evapotranspiração estimada (ETPM) pelo método de Penman-Monteith.

4.4. Evapotranspiração (ETc) e transpiração (T) da cultura do *Tagetes* sp.

Embora a cobertura plástica tenha causado alterações microclimáticas dentro do ambiente protegido, a disponibilidade de energia solar e a temperatura do ar foram determinantes no processo de evapotranspiração nos dois ambientes, conforme Figura 14 e 15.

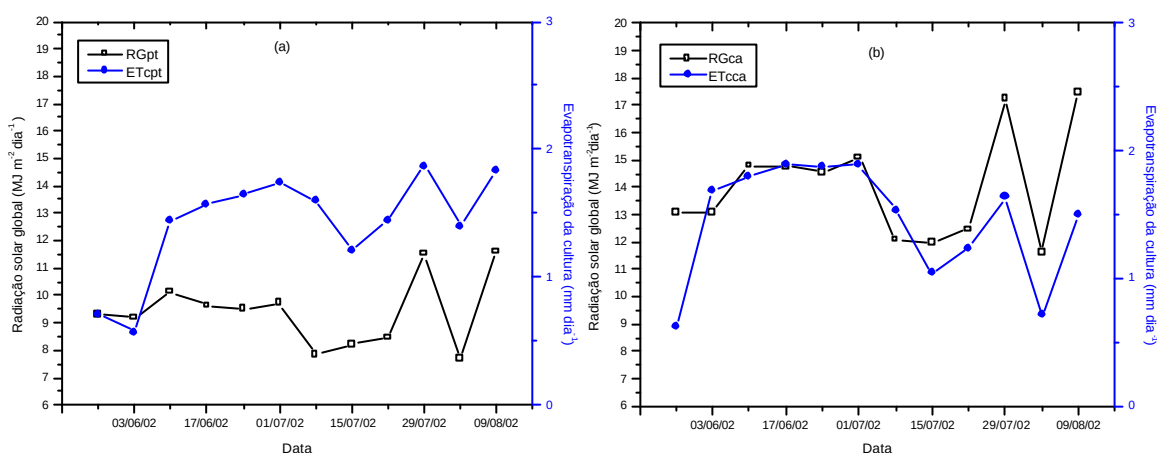


Figura 14. Variação da evapotranspiração da cultura (ETc) e da radiação solar global (RG) durante o ciclo da cultura do *Tagetes* sp., nas condições de ambiente protegido (a) e campo (b).

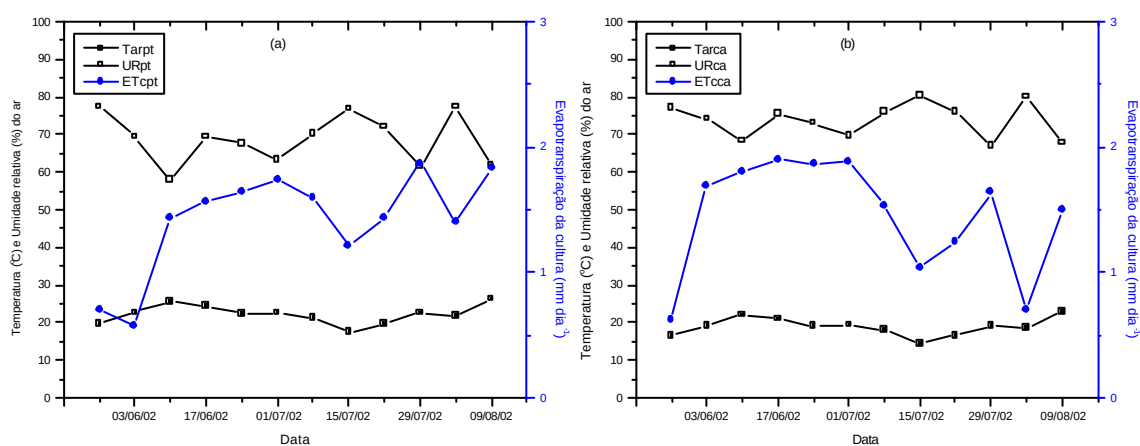


Figura 15. Variação da temperatura, umidade relativa do ar e evapotranspiração da cultura (ETc), durante o ciclo da cultura do *Tagetes* sp., nas condições de ambiente protegido (a) e campo (b).

Observa-se que com o aumento da temperatura do ar e da radiação solar, e diminuição da umidade relativa do ar, ocorreu aumento da evapotranspiração da cultura. O aumento da temperatura do ar aumenta o nível energético das moléculas e também a diferença entre a pressão atual de vapor e a pressão de saturação, resultando em aumento da evaporação ou evapotranspiração (Pereira et al., 1997).

Conforme o Quadro 9, a cultura do *Tagetes* sp. apresentou durante o ciclo, praticamente o mesmo consumo de água, de 115 e 119mm, com médias diárias de 1,4 e 1,5mm, para as condições de ambiente protegido e campo, respectivamente, sendo que a transpiração da cultura foi de 52,1 e 53,6mm, durante todo o ciclo, com valor médio diário de 0,65mm, nas duas condições.

Quadro 9. Valores totais e médios da evapotranspiração (ETc) e transpiração (T) da cultura do *Tagetes* sp., durante o ciclo, nas condições de ambiente protegido e campo.

Cultivo	Evapotranspiração (mm dia ⁻¹)		Transpiração (mm dia ⁻¹)	
	Total	Médio	Total	Médio
Protegido	115,0	1,4	52,1	0,65
Campo	119,0	1,5	53,6	0,65

A Figura 16 mostra que os dados da evapotranspiração da cultura acompanham a curva da evapotranspiração de referência medida.

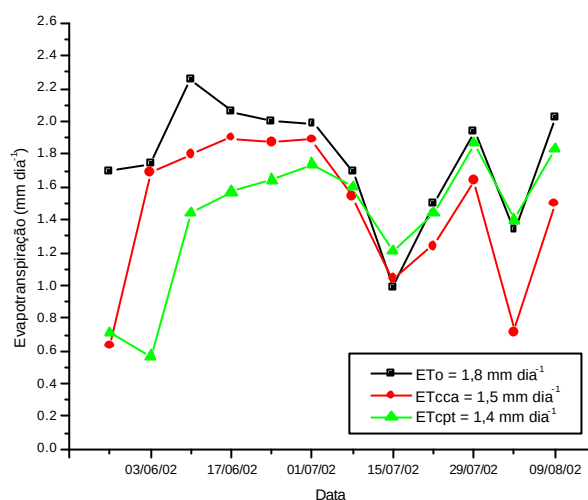


Figura 16. Curvas da evapotranspiração de referência (ETo) e evapotranspiração da cultura (ETc) em ambiente protegido e campo.

A Figura 17 (a) mostra que à partir da 2ª semana após o transplântio houve um aumento da ETc em função do aumento da área foliar e da atividade fisiológica da planta, fato também observado por Bastos (1994), na cultura da alface (*Lactuca sativa* L.).

A evapotranspiração da cultura no ambiente protegido foi menor que na condição de campo até o meio do ciclo, havendo posteriormente uma inversão. Esse fato também foi observado com a transpiração da cultura, conforme Figura 17 (b). No início do ciclo, a evapotranspiração ocorreu principalmente em função das condições climáticas, como a maior velocidade do vento e menor umidade do ar, fazendo com que houvesse uma maior transpiração das plantas e evaporação do solo na condição de campo. Já do meio do ciclo em diante, a evapotranspiração ocorreu mais em função da área foliar, que foi maior dentro do ambiente protegido.

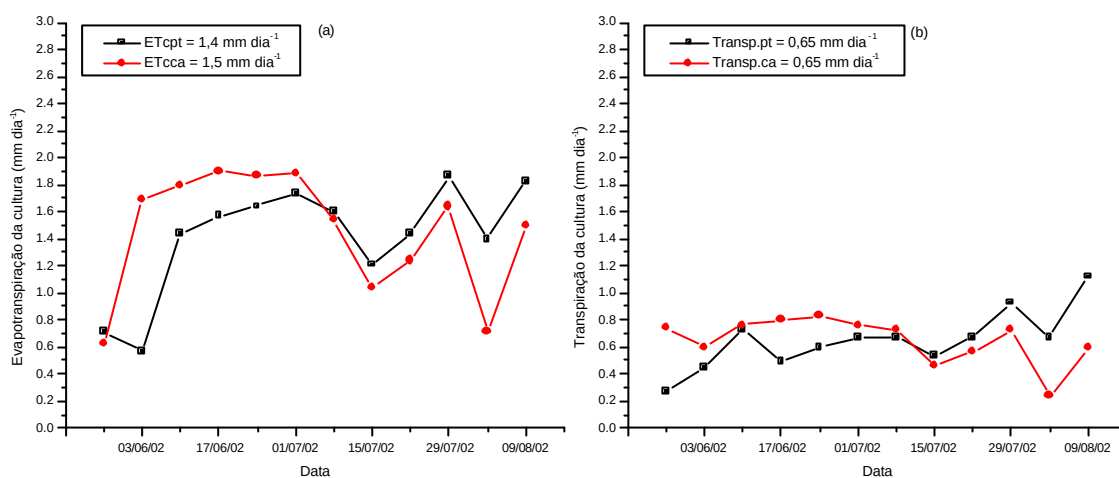


Figura 17. Curvas médias semanais da evapotranspiração (ETc) (a) e transpiração (T) (b) da cultura em ambiente protegido e campo.

A variação do índice de área foliar e da evapotranspiração da cultura estão representados na Figura 18. Observa-se que o consumo hídrico da cultura aumenta com o aumento do índice de área foliar.

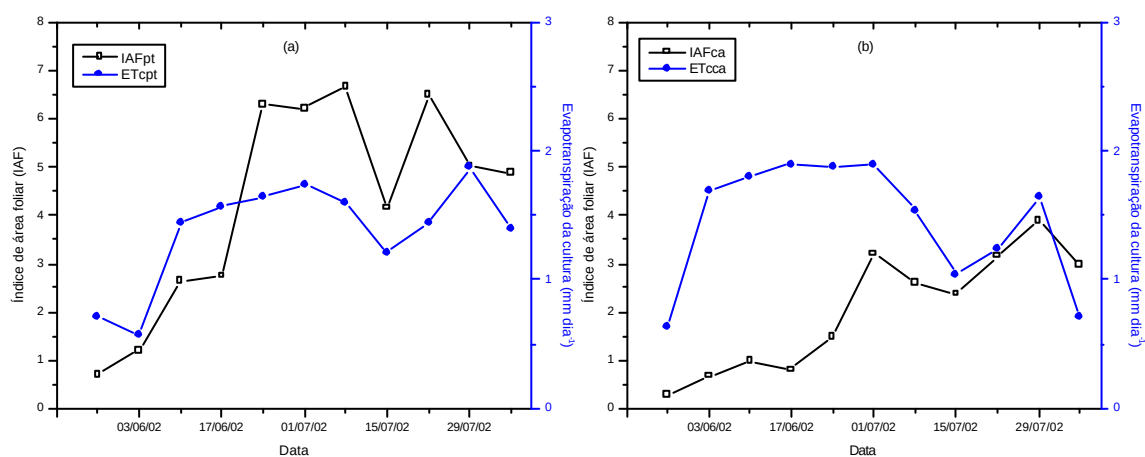


Figura 18. Variação da evapotranspiração da cultura (ETc) e do índice de área foliar (IAF), nas condições de ambiente protegido (a) e campo (b).

4.5. Coeficiente de cultura (K_c) e coeficiente de cultura basal (K_{cb})

O valores médios do coeficiente de cultura (K_c) representado pela relação entre a evapotranspiração da cultura (E_{Tc}) e a evapotranspiração de referência (E_{To}), são apresentados no Quadro 10 e Figura 19.

Quadro 10. Valores médios do coeficiente de cultura (K_c), por estágio de desenvolvimento, nas condições de ambiente protegido e campo.

Estádio de desenvolvimento	Coeficiente de cultura (K_c)	
	Ambiente protegido	Campo
I - Inicial	0,48	0,71
II – Desenvolvimento vegetativo	0,87	0,93
III - Floração	1,15	0,85
IV - Senescência	0,94	0,70

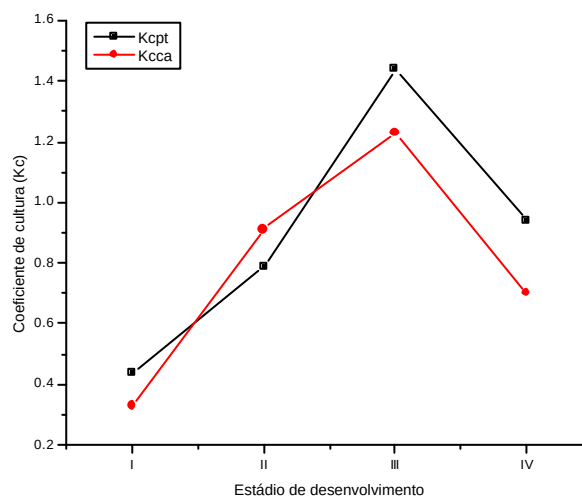


Figura 19. Valores do coeficiente de cultura (K_c), por estágio de desenvolvimento, nas condições de ambiente protegido e campo.

Os valores do K_c nas condições de ambiente protegido e campo foram, respectivamente, de 0,44 e 0,33 na 1ª semana após o transplante, 0,79 e 0,91 na 4ª semana, com máximos de 1,44 e 1,23 na 8ª semana, decrescendo no final do ciclo (12ª semana) com 0,94 e 0,70.

Esses valores foram influenciados principalmente pelas características da cultura, data de plantio, desenvolvimento da cultura, duração do período vegetativo, condições climáticas, especialmente, durante a primeira fase de crescimento (Doorenbos & Pruitt, 1997).

Foram obtidos graficamente os valores médios do coeficiente de cultura (K_c), em função do índice de área foliar (IAF) nas condições de ambiente protegido e campo como mostra a Figura 20.

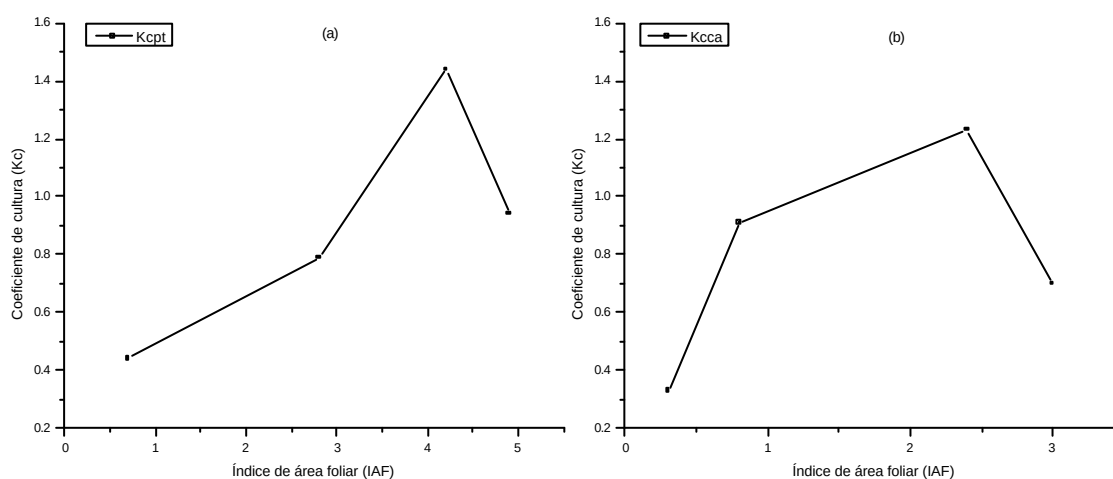


Figura 20. Valores do coeficiente de cultura (K_c) em função do índice de área foliar (IAF), nas condições de ambiente protegido (a) e campo (b).

Sendo o coeficiente de cultura basal dado pela relação entre a transpiração (T) da cultura e a evapotranspiração de referência (ET_o), observa-se na Figura 22, que o Kcb apresentou valores de 0,18 e 0,39 na 1ª semana após o transplântio, em ambiente protegido e campo, respectivamente, 0,24 e 0,39 na 4ª semana, 0,67 e 0,56 na 8ª semana, e 0,56 e 0,28 no final do ciclo (12ª semana).

Quadro 11. Valores médios do coeficiente de cultura basal (Kcb), por estágio de desenvolvimento, nas condições de ambiente protegido e campo.

Estádio de desenvolvimento	Coeficiente de cultura basal (Kcb)	
	Ambiente protegido	Campo
I - Inicial	0,26	0,35
II – Desenvolvimento vegetativo	0,32	0,40
III - Floração	0,54	0,37
IV - Senescência	0,56	0,28

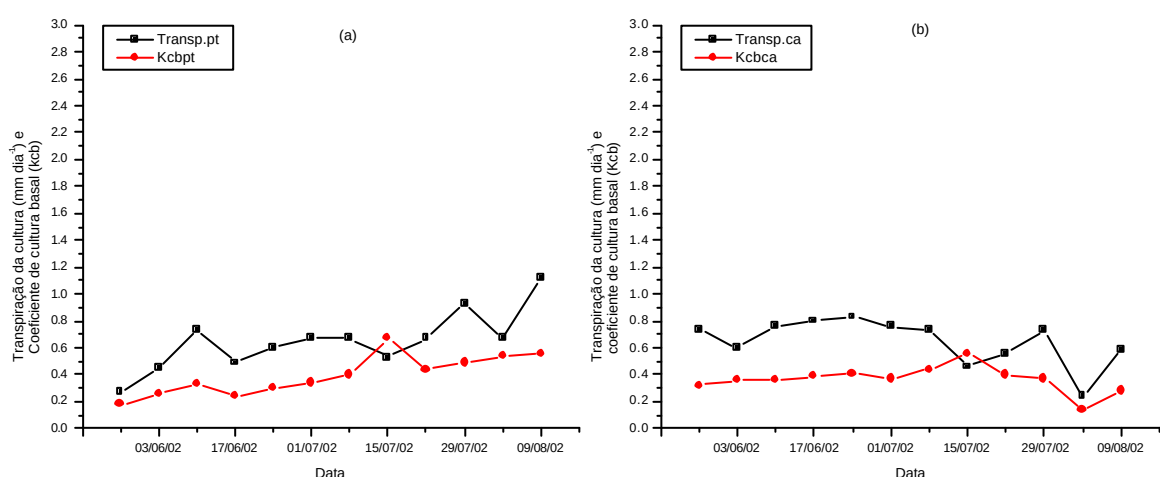


Figura 21. Valores médios semanais de transpiração da cultura (T) e coeficiente de cultura basal (Kcb), nas condições de ambiente protegido (a) e campo (b).

Com base nos resultados do coeficiente de cultura (K_c) e coeficiente de cultura basal (K_{cb}), foram obtidos os valores do coeficiente de evaporação (K_e) que foram de 0,26 e 0,01 na 1ª semana após o transplante, em ambiente protegido e campo, respectivamente, 0,55 e 0,52 na 4ª semana, 0,77 e 0,67 na 8ª semana, e 0,38 e 0,42 no final do ciclo (12ª semana).

5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos, pode-se estabelecer as seguintes conclusões:

- a) O polietileno de baixa densidade (PEBD), difusor de luz, com 150 μ m de espessura, causou aumento na temperatura do ar, 17%, no conteúdo de umidade, 27%, e na radiação solar difusa, 50%, comprovando o seu efeito difusor.
- b) Para um ciclo de 81 dias, durante o período de outono-inverno, o consumo total de água pela cultura do *Tagetes* sp. foi de 115 e 119mm, nas condições de ambiente protegido e campo, respectivamente, com média de 1,4 e 1,5mm d⁻¹.
- c) A transpiração da cultura nas condições de ambiente protegido e campo foi de 52,1 e 53,6mm, respectivamente, durante todo o ciclo, com valor médio de 0,65mm d⁻¹ nas duas condições.

- d) O coeficiente de cultura (K_c) variou ao longo dos estádios de desenvolvimento da cultura, sendo observados valores médios, nas condições de ambiente protegido e campo, respectivamente, de 0,48 e 0,71 na fase inicial, 0,87 e 0,93 no desenvolvimento vegetativo, com máximos de 1,15 e 0,85 na floração, e 0,94 e 0,70 no final do ciclo.
- e) O coeficiente de cultura basal (K_{cb}) apresentou valores médios de 0,26 e 0,35 na fase inicial, nas condições de ambiente protegido e campo, respectivamente, 0,32 e 0,40 no desenvolvimento vegetativo, máximos de 0,54 e 0,37 na floração, e 0,56 e 0,28 no final do ciclo.
- f) Os valores do coeficiente de evaporação (K_e) foram, nas condições de ambiente protegido e campo, respectivamente, de 0,22 e 0,36 na fase inicial, 0,55 e 0,53 no desenvolvimento vegetativo, 0,61 e 0,48 na floração, e 0,38 e 0,42 no final do ciclo.
- g) Apesar das diferenças encontradas no saldo de radiação entre os dois ambientes, ao longo do ciclo da cultura, os consumos de água foram praticamente iguais, mostrando que outros fatores como a velocidade do vento, umidade do ar e índice de área foliar, tiveram maior influência sobre o processo de perda de água.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR E SILVA, M.A. *Variabilidade dos elementos energéticos e ambientais em meio protegido com polietileno, sem e com cultura de pimentão (Capsicum annuum L.)*. Botucatu, 2001. 108p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem)- Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.
- ALLEN, R.G.; JENSEN, M.E.; WRIGHT, J.L.; BURMAN, R.D. Operation estimates of reference evapotranspiration. *Agronomy Journal*, v.81, p.650-662, 1989.
- ALLEN, R.G. Using the FAO-56 dual crop coefficient method over an irrigated region as part of an evapotranspiration intercomparison study. *Journal of Hydrology*, 229, p.27-41, 2000.
- AMORIM, M.C.; SEDIYAMA, G.S.; SOBRINHO, J.E. Avaliação da eficácia do lisímetro de lençol freático constante, do Tanque “Classe A” e do modelo de Penman-Monteith para estimativa da evapotranspiração de referência. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 12, 2001, Fortaleza. Anais. Fortaleza: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia. p.399-400.

- AZEVEDO, P.V.; LEITÃO, M.M.V.B.R.; SOUZA, I.F.; MACIEL, G.F. Balanço de radiação sobre culturas irrigadas no semi-árido do nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.5, n.1, p.403-10, 1990.
- BASTOS, E.A. *Determinação dos coeficientes de cultura da alface (Lactuca sativa L.)*. Botucatu, 1994. 101p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem)- Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.
- BELCHER, J.V.; HUSSEY, R.S. Influence of *Tagetes patula* and *Arachis hypogaea* on *Meloidogyne incognita*. *Plant Disease Reporter*, v.61, n.7, p.525-28, 1977.
- BURIOL, G.A.; SCHNEIDER, F.M.; STEFANEL, V.; ANDRIOLO, J.L.; MEDEIROS, S.L.P. Modificação na temperatura mínima do ar causada por estufas de polietileno transparente de baixa densidade. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.1, n.1, p.43-49, 1993.
- BURIOL, G.A.; RIGHI, E.Z.; SCHNEIDER, F.M.; STRECK, N.A.; HELDWEIN, A.B.; ESTEFANEL, V. Modificação da umidade relativa do ar pelo uso e manejo da estufa plástica. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.8, n.1, p.11-18, 2000.
- CAMACHO, M.J.; ASSIS, F.N.; MARTINS, S.R.; MENDEZ, M.E.G. Avaliação de elementos meteorológicos em estufa plástica em Pelotas, RS. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.3, p.19-24, 1995.
- CLARCK, D.E.; WILLIAMSON, J.F. *New western garden book*. Menlo Park Lane Publishing Co., 1979. 480p.

CUNHA, A.R.; KLOSOWSKI, E.S.; GALVANI, E.; ESCOBEDO, J.F.; MARTINS, D.

Classificação climática para o município de Botucatu, SP, segundo Köppen. In:

SIMPÓSIO EM ENERGIA NA AGRICULTURA, 1, 1999, Botucatu. Anais. Botucatu:

UNESP-FCA, 1999. p.487-91.

CUNHA, A.R. *Parâmetros agrometeorológicos de cultura de pimentão (Capsicum annuum L.) em ambientes protegido e de campo*. Botucatu, 2001. 128p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

CURY LUNARDI, D.M.; LAPERUTA FILHO, J.; KROLL, L.B. Comparação entre valores de evapotranspiração estimada pelo método Penman-FAO e medidos com lisímetros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10, 1997, Piracicaba. Anais. Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997. p.704-6.

CURY LUNARDI, D.M. *Efeito da condição de umidade da superfície do solo na evapotranspiração de referência medida e estimada*. Botucatu, 2000. 103p. Tese (Livre Docência em Agronomia)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. Necessidades hídricas das culturas. Tradu. Gheyi, H.R.; Metri, J.E.C e Damasceno, F.A.V. Campina Grande: UFPB, 1997. 204p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLO. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. CNPS, Rio de Janeiro, 1999. 412p.

ENCICLOPÉDIA de plantas e flores. *Abril cultural*, p.174, 1977.

EVANGELISTA, A.W.P.; PEREIRA, G.M. Efeito da cobertura plástica de casa-de-vegetação sobre os elementos meteorológicos em Lavras, MG. *Ciência Agrotécnica*, v.25, n.4, p.952-957, 2001.

FARIA JUNIOR, M.J.A. *Avaliação de diferentes arquiteturas de estufas, coberturas do solo com filme plástico, em híbridos de Pimentão (Capsicum annuum L.)*. Jaboticabal, 1997. 102p. Tese (Doutorado em Agronomia/Produção Vegetal)-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.

FARIAS, J.R.B. Manejo da irrigação associado ao uso de coberturas plásticas. In: BERGAMASCHI, H. *Agrometeorologia aplicada à irrigação*. Porto Alegre: Ed. Universidade, 1992. 125p.

FARIAS, J.R.B; BERGAMASCHI, H.; MARTINS, S.R.; BERLATO, M.A. Efeito da cobertura plástica de estufa sobre a radiação solar. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.1, n.1, p.31-36, 1993.

FARIAS, J.R.B.; BERGAMASCHI, S.R.; BERLATO, M.A.; OLIVEIRA, A.C.B. Alterações na temperatura e umidade do ar provocados pelo uso de estufa plástica. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.1, n.1, p.51-62, 1993.

FARIAS, J.R.B; BERGAMASCHI, H.; MARTINS, S.R. Evapotranspiração no interior de estufas plásticas.. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.2, p.17-22, 1994.

FRISINA, V.A.; ESCOBEDO, J.F. Balanço de radiação e energia da cultura de alface em estufa de polietileno. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.34, n.10, 1999.

- FRONZA, D.; FOLEGATTI, M.V.; MEGALE, P.G.; BERTOLACCI, M. Determinação do Kc da estevia através de microlisímetro de lençol freático de nível constante. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 12, 2001, Fortaleza. Anais. Fortaleza: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2001. p.439-440.
- GALVANI, E. *Avaliação agrometeorológica do cultivo de pepino (Cucumis sativus L.) em ambientes protegido e a campo, em ciclos de outono-inverno e primavera-verão*. Botucatu, 2001. 124p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.
- GIACOMELLI, G.A.; TING, K.C.; PANIGARAH, S. Solar PAR vs. Solar total radiation transmission in a greenhouse. *Transactions of the ASAE*, v.1, p.1540-1543, 1988.
- GOTO, R.; TIVELLI, S.W. *Produção em ambiente protegido: Condições subtropicais*. São Paulo: UNESP, 1998. 319p.
- GUISELINI, C. *Microclima e produção de Gérbera em ambientes protegidos com diferentes tipos de cobertura*. Piracicaba, 2002. 53p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Física do Ambiente Agrícola)-Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz, Universidade de São Paulo.
- HACKNEY, R.W.; DICKERSON, O.J. Marigold, Castor bean, and Chrysanthemum as Controls of *Meloidogyne incognita* and *Pratylenchus alleni*. *Journal of Nematology*, v.7, n.1, p.84-90, 1975.
- HUANG, S.P. Cropping Effects of Marigolds, Corn, and Okra on Population Levels of *Meloidogyne javanica* and on Carrot Yields. *Journal of Nematology*, v.16, n.4, p.396-398, 1984.

- KAMPF, A.N. *Produção Comercial de Plantas Ornamentais*. Guaíba-RS: Editora Agropecuária, 2000. 219p.
- KLOSOWSKI, E.S. *Determinação do consumo de água em cultura de pimentão (*Capsicum annum* L.) em ambiente protegido*. Botucatu, 2001. 83p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.
- KURATA, K. Role of reflection in light transmissivity of greenhouses. *Agricultural and Forest Meteorology*, n.52, p.319-331, 1990.
- LORENZI, H.; SOUZA, H.M *Plantas Ornamentais no Brasil. Arbustivas, herbáceas e trepadeiras*. São Paulo: Editora Plantarum, 1995. 720 p.
- MARTINS, S.R.; GONZALES, J.F. Evapotranspiração e respostas fisiológicas do feijão-vagem cultivado em substrato em estufa com sistema de ventilação/calefação. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.3, p.31-37, 1995.
- MEDEIROS, J.F. *Manejo de água de irrigação salina em estufa cultivada com pimentão*. Piracicaba, 1998. 152p. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem)–Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz, Universidade de São Paulo.
- MEDINA, A. L.; BEMILLER, J.N. Marigold flower meal as a source of na emulsifying gum. In: J.Janick and J.E.Simon. *New crops*. New York: Wiley, 1993.
- ODUOR-OWINO, P.; WAUDO, S.W. Comparative efficacy of nematicides and nematicidal plants on root-knot nematodes. *Trop. Agric. (Trinidad)*, v.71, n.4, p.272-74, 1994.
- OLIVEIRA, M.R.V. O emprego de casas de vegetação no Brasil: vantagens e desvantagens. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.30, n.8, p.1049-1060, 1995.

- OMETTO, J.C. *Bioclimatologia vegetal*. ed. 25. São Paulo: Agronômica “Ceres” LTDA, 1981. 425p.
- PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. *Agrometeorologia: Fundamentos e Aplicações Práticas*. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478p.
- PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G.C. *Evapo(transpi)ração*. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.
- ROBLEDO, F.P.; MARTIN, L.V. *Aplicación de los plásticos en la agricultura*. Madrid: Mundi-Prensa, 1981. 552p.
- PRODUÇÃO de forrações para paisagismo e jardinagem. *Flortec*, p.23, 1998.
- SADE, A. *Curso de plasticultura e fertirrigação*. Piracicaba: Departamento de Horticultura, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 1994. 351p.
- SCHNEIDER, F.M.; BURIOL, G.A.; ANDRIOLO, J.L.; ESTEFANEL, V.; STRECK, N.A. Modificação na temperatura do solo causada por estufas de polietileno transparente de baixa densidade em Santa Maria, RS. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.1, n.1, p.37-42, 1993.
- SEEMANN, J. Greenhouse climate. In: *Agrometeorology*. New York, Springer-Verlag, 1979. p.165-78.
- SENTELHAS, P.C.; VILLA NOVA, N.A.; ANGELOCCI, L.R. Efeito de diferentes tipos de cobertura em mini estufas na atenuação da radiação solar e da luminosidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10, 1997, Piracicaba, SP. *Anais*. Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997. p.479-481.

- SGANZERLA, E. *Nova Agricultura: a fascinante arte de cultivar com os plásticos*. 6 ed. Porto Alegre: Petroquímica Triunfo, 1995. 341p.
- TYGADLO, J.A.; MAESTRI, D.M.; ARIZA, E.L. The volatile oil of *Tagetes argentina* Cabrera. *Journal of Essential Oil Research*, v.5, p.185-186, 1993.
- VASILENKO, Y.U.K.; BOGDANOV, A.N.; FROLOV, L.M.; FROLOV, A.V. Hepatoprotective properties of preparation from spreading marigold. *Khim-Farm Zh*, v.24, p.153-56, 1990.
- VASUDEVAN, P.; KASHYAP, S.; SHARMA, S. Tagetes: A multipurpose plant. *Bioresource Tecnology*, v.62, n.1-2, p.29-35, 1997.