

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

**EFEITO DA COBERTURA DE POLIETILENO DIFUSOR DE LUZ EM
AMBIENTE PROTEGIDO CULTIVADO COM PIMENTÃO**
(Capsicum annuum L.)

JORGE WASHINGTON DE SOUSA

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de
Botucatu, para obtenção do título de
Doutor em Agronomia – Área de
Concentração em Energia na Agricultura.

BOTUCATU – SP
Março - 2002

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

**EFEITO DA COBERTURA DE POLIETILENO DIFUSOR DE LUZ EM
AMBIENTE PROTEGIDO CULTIVADO COM PIMENTÃO**
(Capsicum annuum L.)

JORGE WASHINGTON DE SOUSA
ENGENHEIRO AGRÔNOMO

Orientador: **Prof. Dr. Dinival Martins**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de
Botucatu, para obtenção do título de
Doutor em Agronomia – Área de
Concentração em Energia na Agricultura.

BOTUCATU – SP
Março - 2002

OFEREÇO

À minha esposa Ana Laura

Às minhas filhas Sicília e Juliana

DEDICO

Aos “*meus pais*”

Alcides Ferreira de Sousa (*in memoriam*) e Adalgisa Eunice Costa

AGRADECIMENTOS

Especialmente a Deus por ter nos guiado em todos os momentos de nossa vida;

À Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista, pela oportunidade concedida para a realização deste curso de pós-graduação;

À Universidade Federal do Acre, através da Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, pelo apoio recebido durante a realização deste curso;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-CAPES do Ministério da Educação;

Ao Prof. Dr. Dinival Martins pela orientação, ensinamentos transmitidos e pela amizade;

Ao Prof. Dr. João Francisco Escobedo pelas sugestões apresentadas para a realização deste trabalho, ensinamentos transmitidos e pela amizade;

Ao Dr. Antonio Ribeiro da Cunha pelas sugestões apresentadas e pela amizade;

Ao Dr. Emerson Galvani pela valiosa colaboração neste trabalho e pela amizade;

Aos membros da banca examinadora Dr. Amauri Pereira de Oliveira; Dr. Nilson Augusto Villa Nova e Dra. Romy Goto, pela brilhante atuação na avaliação deste trabalho;

À NORTENE pela doação do filme de polietileno difusor de luz utilizado nesta pesquisa;

Aos Professores Dr. Roberto Lyra Villas Bôas e Dra. Dalva Martinelli Cury Lunardi pelas sugestões apresentadas;

Ao Prof. Dr. Sérgio Hugo Benez pelos ensinamentos transmitidos e pela amizade;

Ao colega de curso de Pós-Graduação Engenheiro Civil M.Sc. Marco Antônio de Oliveira pela imprescindível colaboração na realização desta pesquisa e pela amizade;

Aos Professores do Departamento de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Acre, Antônio Francisco da Silva, Aldenor Fernandes de Souza e Andréa Alechandre, pela colaboração prestada durante os últimos três anos;

Aos meus sogros Francisco das Chagas Leite e Rita Mendes Leite;

Aos docentes e funcionários do Departamento de Recursos Naturais – Setor Ciências Ambientais da FCA/UNESP pelo apoio dispensado durante a realização deste curso de pós-graduação;

Aos colegas de curso de pós-graduação Marcelo Augusto de Aguiar e Silva; Alexandre Dal Pai, Hildeu Ferreira de Assunção, Leuda da Silva Oliveira; Eduardo Nardini Gomes; Valéria de Almeida Frisina, Melania, Milena e Silas pelo convívio e pela amizade.

SUMÁRIO

	Pág.
LISTA DE QUADROS.....	VI
LISTA DE FIGURAS.....	VIII
RESUMO.....	1
SUMMARY.....	3
1. INTRODUÇÃO.....	5
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	7
2.1 Cultura do pimentão.....	7
2.2 Cultivo do pimentão em ambiente protegido.....	9
2.3 Ambientes protegidos.....	10
2.3.1 Os materiais de cobertura.....	12
2.4 Elementos meteorológicos.....	14
2.4.1 Componentes da radiação solar.....	14
2.4.2 Coeficiente de reflexão.....	19
2.4.3 Temperatura do solo.....	22
2.4.4 Temperatura do ar.....	23
2.4.5 Umidade relativa do ar.....	26
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	28
3.1 Local do experimento.....	28
3.2 Características físicas e químicas do solo.....	29
3.3 Área experimental.....	30
3.4 Híbrido.....	30
3.5 Preparo das mudas.....	32
3.6 Irrigação da cultura.....	32
3.7 Instalação e condução do experimento.....	34
3.8 Características de crescimento da cultura.....	36
3.9 Características e classificação da produção.....	37
3.10 Elementos meteorológicos.....	39
3.10.1 Componentes da radiação solar e fluxo de calor no solo.....	39

3.10.2 Transmissibilidade do polietileno difusor de luz.....	42
3.10.3 Coeficiente de reflexão.....	42
3.10.4 Balanço de ondas curtas e longas.....	42
3.10.5 Temperatura e umidade relativa do ar.....	43
3.10.6 Temperatura do solo.....	43
3.11 Correlações.....	43
3.12 Índices.....	44
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
4.1 Radiação solar global.....	45
4.2 Transmissibilidade.....	47
4.3 Radiação solar refletida.....	50
4.4 Radiação solar difusa.....	53
4.5 Balanço de radiação.....	57
4.6 Fluxo de calor no solo.....	63
4.7 Coeficiente de reflexão.....	65
4.8 Temperatura do ar.....	67
4.9 Umidade relativa do ar.....	72
4.10 Temperatura do solo.....	76
4.11 Indicadores de crescimento e de produtividade da cultura.....	80
5. CONCLUSÕES.....	89
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91
APÊNDICE.....	109
1. Controle fitossanitário realizado durante o ciclo da cultura do pimentão para os cultivos protegido e de campo.....	110
2. Evapotranspiração diária da cultura de pimentão para os cultivos protegido e de campo.....	111

LISTA DE QUADROS

Quadros	Pág.
1 - Análise física do solo da área experimental realizada pelo Departamento de Recursos Naturais – Setor de Ciências Ambientais.....	29
2 - Análise química do solo da área experimental realizada pelo Departamento de Recursos Naturais – Setor de Ciências do solo.....	30
3 - Limites de tolerância de defeitos graves e leves para cada categoria de qualidade de frutos de pimentão.....	39
4 - Especificações dos sensores das componentes da radiação solar e fluxo de calor no solo com suas respectivas constantes de calibração.....	40
5 - Fração difusa nos cultivos protegidos com cobertura de P150d e P120 (Rdpt/Rgpt) e nos cultivos de campo (Rdca/Rgca), para dias de céu limpo, nublado e ao longo do ciclo da cultura de pimentão.....	56
6 - Valores de radiação solar global (Rg), radiação refletida (Rr), radiação difusa (Rd), fração difusa ($K_d=R_d/R_g$), balanço de ondas curtas (BOC), balanço de ondas longas (BOL), saldo de radiação (Rn), coeficiente de reflexão (r), fluxo de calor no solo (G), índice de área foliar (IAF), com seus respectivos índices para as coberturas de P150d e P120, referentes ao ciclo da cultura de pimentão.....	67
7 - Valores de temperatura mínima (TARMIN), máxima (TARMAX) e média do ar (TARMED), umidade relativa mínima (UARMIN), máxima (UARMAX) e média do ar (UARMED), temperatura média do solo a 0,10m de profundidade (TS10) e a 0,20m de profundidade (TS20), nas condições de cultivo protegido (pt) e de campo (ca), com seus respectivos índices para as coberturas de P150d e P120, referentes ao ciclo da cultura de pimentão.....	80
8 - Valores médios do número de frutos por planta, peso dos frutos, comprimento dos frutos, diâmetro dos frutos, espessura da polpa dos frutos, produção e produtividade (média de 6 plantas – cultivo protegido).....	85

9 - Valores médios do número de frutos por planta, peso dos frutos, comprimento dos frutos, diâmetro dos frutos, espessura da polpa dos frutos, produção e produtividade (média de 6 plantas – cultivo de campo).....	86
10 - Classificação dos frutos de pimentão híbrido Elisa por grupo, sub-grupo, classe, sub-classe e categoria (média de 6 plantas – cultivo protegido).....	87
11- Classificação dos frutos de pimentão híbrido Elisa por grupo, sub-grupo, classe, sub-classe e categoria (média de 6 plantas – cultivo de campo).....	88

LISTA DE FIGURAS

Figuras	Pág.
1 - Fotografia da área experimental no cultivo protegido.....	31
2 - Fotografia da área experimental no cultivo de campo.....	31
3 - Balanço hídrico mensal referente ao ano de 2000 para a localidade de Botucatu, SP.....	33
4 - Deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica mensal referente ao ano de 2000 para a localidade de Botucatu, SP.....	34
5 - Radiação solar global ao longo do ciclo da cultura de pimentão nas condições de cultivo protegido (pt) e de campo (ca).....	46
6 - Correlação entre a radiação solar global em condição de cultivo protegido (R_{gpt}) e radiação solar global a campo (R_{gca}).....	47
7 - Curva de transmissibilidade da cobertura de P150d ao longo do ciclo da cultura de pimentão.....	48
8 - Curvas de transmissibilidade instantânea da cobertura de P150d para os dias 20/08/00 (céu limpo) e 13/09/00 (céu nublado).....	50
9 - Radiação solar refletida ao longo do ciclo da cultura de pimentão nas condições de cultivo protegido (pt) e de campo (ca).....	51
10 - Correlação entre a radiação solar refletida em condição de cultivo protegido (R_{gpt}) e de campo (R_r ca).....	53
11 - Radiação solar difusa ao longo do ciclo da cultura de pimentão nas condições de cultivo protegido (pt) e de campo (ca).....	54
12 - Fração difusa (R_d/R_g) ao longo do ciclo da cultura de pimentão nas condições de cultivo protegido (pt) e de campo (ca).....	56
13 - Correlação entre a fração difusa em condição de ambiente protegido (K_{dpt}) e fração difusa a campo (K_{dca}).....	58
14 - Balanço de ondas curtas (BOC) ao longo do ciclo da cultura de pimentão nas	

condições de cultivo protegido (pt) e de campo (ca).....	58
15 - Correlação entre o balanço de ondas curtas em condição de cultivo protegido (BOCpt) e radiação solar global a campo (Rgca).....	59
16 - Balanço de ondas longas (BOL) ao longo do ciclo da cultura de pimentão nas condições de cultivo protegido (pt) e de campo (ca).....	60
17 - Saldo de radiação (Rn) ao longo do ciclo da cultura de pimentão nas condições de cultivo protegido(pt) e de campo (ca).....	62
18 - Correlação entre o saldo de radiação em condição de cultivo protegido (Rnpt) e radiação solar global a campo (Rgca).....	63
19 - Fluxo de calor no solo (G) ao longo do ciclo da cultura de pimentão nas condições de cultivo protegido (pt) e de campo (ca).....	64
20 - Coeficiente de reflexão ao longo do ciclo da cultura de pimentão nas condições de cultivo protegido (pt) e de campo (ca).....	66
21 - Temperaturas mínimas do ar ao longo do ciclo da cultura de pimentão nas condições de cultivo protegido (pt) e de campo (ca).....	68
22 - Temperaturas máximas do ar ao longo do ciclo da cultura de pimentão nas condições de cultivo protegido (pt) e de campo (ca).....	69
23 - Temperaturas médias do ar ao longo do ciclo da cultura de pimentão nas condições de cultivo protegido (pt) e de campo (ca).....	71
24 - Umidade relativa mínima do ar ao longo do ciclo da cultura de pimentão nas condições de cultivo protegido (pt) e de campo (ca).....	72
25 - Umidade relativa máxima do ar ao longo do ciclo da cultura de pimentão nas condições de cultivo protegido (pt) e de campo (ca).....	74
26 - Umidade relativa do ar para o dia 02/09/00 (com chuva), nas condições de cultivo protegido e de campo.....	74
27 - Umidade relativa média do ar ao longo do ciclo da cultura de pimentão nas condições de cultivo protegido (pt) e de campo (ca).....	75
28 - Temperatura média do solo para a profundidade de 0,10m ao longo do ciclo da cultura de pimentão nas condições de cultivo protegido (pt) e de campo (ca).....	77

29 - Temperatura média do solo para a profundidade de 0,20m ao longo do ciclo da cultura de pimentão nas condições de cultivo protegido (pt) e de campo (ca).....	78
30 - Variação da altura média de planta (a), do número de folhas por planta (b), do índice de área foliar (c) e da matéria seca total (d), para os cultivos protegido (pt) e de campo (ca).....	81

RESUMO

Esta pesquisa foi conduzida em ambiente protegido na área experimental do Departamento de Recursos Naturais - Setor de Ciências Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônômicas - UNESP, Campus de Botucatu, SP, durante o período de 21/04 a 02/11/2000, para avaliar o efeito do polietileno difusor de luz com 150 μ m de espessura (P150d), sobre os componentes da radiação solar, balanços de ondas curtas e longas, saldo de radiação, temperatura e fluxo de calor no solo, temperatura e umidade relativa do ar, indicadores de crescimento e produção. Os resultados foram comparados com aqueles obtidos utilizando polietileno de 120 μ m de espessura (P120), cujo ensaio foi conduzido entre 21/04 a 03/11/1999, ambos utilizados como cobertura do ambiente protegido cultivado com pimentão híbrido Elisa.

O índice de produtividade obtido para o ambiente protegido com cobertura de P150d foi cerca de 50% maior do que o observado para o P120.

As coberturas de P150d e P120 proporcionaram respectivamente, acréscimos de 26,82% e 16,71% na fração difusa, comprovando um maior efeito difusor do P150d ao longo do ciclo da cultura de pimentão.

O índice do saldo de radiação obtido para o P150d foi maior do que o determinado para o P120, devido ao maior índice do balanço de ondas curtas do P150d, uma vez que os dois polietilenos avaliados apresentaram valores iguais para o índice do balanço de ondas longas.

O índice do coeficiente de reflexão determinado para o ambiente protegido com cobertura de P150d, foi menor do que o observado para o P120, o que está associado ao maior índice de fração difusa do P150, em relação ao P120.

EFFECT OF A LIGHT DIFFUSER POLYETHYLENE COVER ON GREEN PEPPER CROP (*Capsicum annuum* L.) IN SHELTERED ENVIRONMENTAL CONDITION. Botucatu, 2001. 106p. These (Doutorado em Agronomia / Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: JORGE WASHINGTON DE SOUSA

Adviser: DINIVAL MARTINS

SUMMARY

This experiment has been carried out under sheltered environment condition in the experimental area of the Natural Resource Department – Environmental Science Section of the Agricultural Science College – UNESP, Campus of Botucatu City, São Paulo State, from April 21st to November 2nd 2000. The objective was to assess the effect of a light diffuser polyethylene, 150 µm thickness, on solar radiation components, long and short-wave balance, net radiation, temperature and flow of heat in the soil, air temperature and relative humidity, as well as growth and yield indexes; compared to a 120 µm (P 120) transparent polyethylene. The latter assay was held from April 21st to November 3rd 1999. Both coverings were used when Elisa hybrid green pepper has been grown.

The yield index for sheltered environmental condition with P 150d covering was about 50 % higher than that for P 120

P 150d and P 120 coverings have brought 26.82 % and 16.71 % increases, respectively to the diffuse fraction, confirming the higher diffuser effect of P 150d throughout the green pepper cycle.

The index of net-radiation obtained for P 150d was higher than that for P 120, due to the higher index of P 150 d short-wave balance, since the two evaluated polyethylene coverings have shown the same values for the long-wave balance index.

The reflexion coefficient index determined for P 150d sheltered environment was lower than that for P 120, which is related to the higher diffuse fraction index of P 150 compared to P 120.

1. INTRODUÇÃO

O cultivo em ambientes protegidos vem sendo amplamente utilizado na agricultura mundial e, nos últimos anos, difundiu-se largamente nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. A utilização desses ambientes tem se mostrado vantajosa, melhorando a produtividade e a qualidade dos produtos, permitindo uma produção fora de épocas convencionais e garantindo um melhor preço.

Com o lançamento de novos produtos destinados à cobertura de ambientes protegidos, torna-se necessário que estes materiais venham acompanhados de especificações quanto à composição, durabilidade e propriedades óticas. Com relação às propriedades óticas, é importante conhecer a influência da radiação solar, fonte primária de energia para as plantas e desencadeadora das demais variáveis ambientais, como temperatura do ar e do solo e umidade relativa do ar (Borsatto et al., 1999). No entanto, a possibilidade de beneficiar-se com a escolha do tipo de material, leva-se em consideração a finalidade da

cobertura, o tipo de cultura a ser explorada e os níveis de radiação exigidos pela mesma (Sentelhas et al., 1997).

Apesar da redução no total da radiação solar, a cobertura de polietileno atua como meio difusor da luz, o que é bastante desejável, uma vez que a radiação difusa é mais efetiva para a fotossíntese, por ser multidirecional e penetrar melhor através do dossel da cultura, o que compensa, em parte, a parcial opacidade do agrofílm à radiação solar (Prados, 1986). Atualmente já são produzidos no Brasil os filmes difusores de luz destinados à cobertura e ao cortinamento de ambientes protegidos. Esses materiais contém em sua composição aditivos que alteram a transmissibilidade da radiação solar, os quais, estão diretamente relacionados ao processo de fotossíntese e à adequação das temperaturas. Todavia, são escassas no Brasil, as informações relativas ao efeito da cobertura plástica de polietileno difusor de luz sobre os parâmetros meteorológicos e a produtividade da cultura do pimentão.

Este trabalho teve o objetivo de avaliar o efeito do polietileno difusor de luz, espessura de 150 μ m (P150d), sobre os componentes da radiação solar, balanços de ondas curtas e longas, saldo de radiação, coeficiente de reflexão, temperatura e fluxo de calor no solo, temperatura e umidade relativa do ar, indicadores de crescimento e produção e, comparar com um polietileno de espessura 120 μ m (P120), ensaio conduzido entre 21/04 a 03/11/1999, ambos utilizados como cobertura no cultivo de pimentão híbrido Elisa.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cultura do pimentão

A produção brasileira de pimentão no ano agrícola de 1995/96 foi de 246.781t, gerando recursos da ordem de 89,36 milhões de Reais. A área cultivada com hortaliças no Estado de São Paulo no ano agrícola de 1995/96, representou cerca de 0,9% da área ocupada com atividades agrícolas, o que correspondeu a 175.150 ha plantados com hortaliças, apresentando 2.472 produtores de pimentão explorando uma área média de 2,64 ha, num total de 6.537 ha (Camargo & Camargo Filho, 1998).

O pimentão (*Capsicum annuum* L.) é uma dicotiledônea pertencente a família solanaceae, sendo bastante cultivado nas regiões tropicais e temperadas (Casali & Couto, 1984). Possui sistema radicular superficial, com caule atingindo de 0,4 a 1,0m de altura. As folhas são dispostas uma por nó, alternadas com lâminas de formatos ovais ou elípticas; as flores são hermafroditas, com autogamia, sendo que o fruto é uma baga indeiscente (Siviero & Gallerani, 1992). Filgueira (1982) relata que a cultura geralmente apresenta um porte arbustivo variando entre 0,5 a 0,8m, quando cultivada anualmente, por

outro lado, pode tornar-se semi-perene chegando a 1,8m de altura em ambientes protegidos, quando na ausência de patógenos, especialmente viroses.

O pimentão no Brasil é sensível às baixas temperaturas do ar e intolerante às geadas, tendo muitas vezes sua safra prejudicada por alterações climáticas, acarretando a falta do produto no mercado e grandes oscilações de preços (Teodoro et al., 1993). Segundo Doorenbos & Kassam (1979), o pimentão prospera em climas com temperaturas da ordem de 18 a 27°C durante o dia e de 15 a 18°C durante a noite, enquanto Sonnenberg (1981) afirma que a cultura de pimentão se desenvolve melhor na faixa térmica de 20°C a 30°C, e temperaturas do ar constantemente inferiores a 15°C determinam um lento desenvolvimento vegetativo e a formação de flores é reduzida, enquanto que em temperaturas elevadas, acima de 32°C, provocam a queda das mesmas. Todavia, à medida que a planta cresce, torna-se mais resistente às baixas temperaturas do ar, sendo favorecida pela termoperiodicidade, com altas temperaturas durante o dia e temperaturas mais amenas (10°C a 20°C) à noite, à semelhança do que ocorre com outras solonáceas. Conforme Camargo (1984), as temperaturas mais adequadas ao bom desenvolvimento do pimentão seriam, médias entre 21,1 e 23,8°C, com média das máximas até 26,5°C e das temperaturas mínimas até 18,3°C. Já Sganzerla (1995) e Cermeño (1990), julgaram adequadas para o desenvolvimento desta cultura, temperaturas de 20 a 25°C durante o dia e noturnas de 16 a 18°C, e para o florescimento, temperaturas entre 18 e 35°C, com valor ótimo em torno de 25°C.

Filgueira (1982) apontou a germinação e a formação de muda como as épocas em que as plantas de pimentão são mais sensíveis ao frio, sendo que as temperaturas do ar favoráveis à planta variam com seu estágio de desenvolvimento: na formação de mudas é de 26-30°C; aos 90 dias da sementeira, na frutificação, é de 21°C; após 105 dias, em plena

produção, 19°C, enquanto Pádua et al. (1984) relatam que durante a floração, temperaturas noturnas de 18 a 20°C favorecem à produção de frutos bem formados, e baixas temperaturas noturnas (8-10°C), após a antese, induzem à formação de frutos deformados. Segundo Pereira (1990) as fases mais importantes do desenvolvimento do pimentão são: formação de mudas e frutificação, sendo que a temperatura do ar ideal para a frutificação deverá estar entre 18°C a 27°C, podendo ocorrer queda dos frutos se as temperaturas forem elevadas e a umidade relativa do ar baixa.

Com relação ao fotoperiodismo, comporta-se como planta de dia curto, ou seja, o florescimento se inicia mais cedo e é mais abundante em dias curtos que em dias longos (Sonnenberg, 1981).

Valores de produtividade média do pimentão cultivado a campo no Brasil são encontrados na literatura variando de 15t/ha (Filgueira, 1982; Pereira, 1990) a 30t/ha (Caixeta, 1978; Filgueira, 1982; Pereira, 1990), considerada faixa de produtividade normal para a cultura do pimentão em condições naturais.

2.2 Cultivo do pimentão em ambiente protegido

O pimentão é a olerícola que tem apresentado melhor adaptação ao ambiente protegido no Estado de São Paulo (Melo, 1997).

Diversos trabalhos confirmam a influência do ambiente protegido no aumento da produtividade do pimentão. Robledo de Pedro & Martin (1981) relataram a grande contribuição de ambientes protegidos com cobertura de plástico, no aumento da produtividade do pimentão na região de Almeria, Espanha, onde a produção média dentro do ambiente protegido foi de 30 t/ha e a máxima de 40 t/ha, variando de 15 a 20t/ha fora do ambiente

protegido, enquanto Tivelli (1999) obteve para o híbrido Elisa sob condições de ambiente protegido em Botucatu, SP, um rendimento de 35t/ha.

Buczowska & Kossowski (1988) comparando o cultivo de pimentão em três ambientes, estufa de vidro, túnel com cobertura plástica e em campo aberto, na Polônia, obtiveram maiores produções totais e porcentagem de frutos comerciais no interior dos ambientes protegidos, independentemente do material de cobertura. Sirjacobs & Slama (1985), num estudo realizado no Marrocos com pimentão cultivado em ambiente protegido por polietileno de baixa densidade (PEBD), encontraram máxima produção de 6,5 kg/m². No entanto, essa produtividade foi inferior a obtida por Cunha (2001) para o híbrido Elisa em cultivo protegido nas condições climáticas de Botucatu, SP, que foi de 9,29 kg/m².

Panelo (1995), avaliando 10 híbridos de pimentão em ambiente protegido na Argentina, obteve nos dois primeiros meses de colheita, uma produção de 2,7 kg/planta para o híbrido Elisa e 2,2 kg/planta para o híbrido Vidi, sendo colhidos no mesmo período 18,3 frutos do híbrido Elisa e 14,6 frutos do híbrido Vidi, o que resultou em pesos médios de frutos iguais a 150 e 152g para os híbridos Elisa e Vidi, respectivamente.

2.3 Ambientes protegidos

Pode-se definir um ambiente protegido como sendo uma estrutura coberta e abrigada artificialmente com materiais transparentes para a proteção das plantas contra a ação dos agentes meteorológicos exteriores (Carmeño, 1990). Segundo Neville & Carrijo (1999), conforme a modificação microclimática desejada, as estufas são classificadas em climatizadas, semiclimatizadas e não-climatizadas.

A utilização de ambientes protegidos tem se mostrado vantajosa, melhorando a produtividade e a qualidade dos produtos, permitindo uma produção fora de épocas convencionais e garantindo um melhor preço. Esses fatores proporcionaram um incremento no uso de filmes de polietileno na agricultura brasileira devido principalmente à expansão das áreas cultivadas com hortaliças e plantas ornamentais, elevando o consumo de filme plástico agrícola para cerca de 12.000 t/ano (Rodrigues, 1996).

A área com cultivo protegido no país é de aproximadamente 2.000 ha (Junqueira, 1999), enquanto na área científica, a utilização de ambientes protegidos ocupa uma área de aproximadamente 40 ha (Oliveira, 1995).

A produção em ambiente protegido apresenta algumas vantagens tais como: precocidade das culturas, proteção quanto a alguns fenômenos climáticos, proteção do solo contra a lixiviação de nutrientes e redução dos custos com defensivos e fertilizantes (Melo, 1997). Segundo Oliveira et al. (1992), a produtividade nesses ambientes excede de duas a três vezes as que se obtém em condição de campo.

Apesar dessas vantagens, o ambiente protegido com cobertura de PEBD favorece ao aparecimento de pragas e doenças específicas com reprodução acelerada, em função da uniformidade genética das culturas utilizadas e em decorrência da ausência de inimigos naturais (Van den Bos, 1983). Também, de acordo com Martinez Garcia (1986) o ambiente protegido com cobertura de PEBD, se comporta insatisfatoriamente do ponto de vista térmico, uma vez que durante o período diurno ocorrem temperaturas elevadas, e à noite, ocorrem temperaturas inferiores às críticas das plantas cultivadas à campo.

O interesse de estudos em ambiente protegido tem aumentado nos últimos anos, principalmente com os de cobertura plástica, objetivando conhecer as diferentes

estruturas utilizadas, as principais pragas e doenças que ocorrem nesse ambiente, bem como as alterações ocorridas com relação aos elementos meteorológicos (Cunha, 2001). Nesse sentido, vários trabalhos sobre elementos meteorológicos em ambiente protegido com cobertura de polietileno foram realizados por Levit (1988); Al-Riahi et al. (1989); Andriollo et al. (1991); Escobedo et al. (1994); Jolliet (1994); Martins et al. (1994); Ricieri (1995); Assis & Escobedo (1997); Dantas (1997); Sentelhas et al. (1997); Assis (1998); Souza (2000); Cunha (2001); Galvani (2001); Klosowski (2001); entre outros.

O emprego do PEBD como cobertura de ambientes protegidos, interfere no microclima alterando os balanços de radiação e energia (Montero et al., 1985; Farias et al., 1993b; Camacho et al., 1995; Souza, 1996; Frisina, 1998; Cunha, 2001; Galvani, 2001), possibilitando o desenvolvimento de espécies vegetais de interesse econômico que sem essa cobertura plástica, tornariam-se inviáveis devido às adversidades ambientais.

2.3.1 Os materiais de cobertura

Com o lançamento de novos produtos destinados à cobertura de ambientes protegidos, torna-se necessário que estes materiais venham acompanhados de especificações quanto à composição, durabilidade e propriedades óticas. Com relação às propriedades óticas, é importante conhecer o efeito da cobertura na transmissibilidade da radiação solar (Borsatto et al., 1999). No entanto, a possibilidade de beneficiar-se com a escolha do tipo de material de cobertura, deve-se levar em consideração a finalidade da cobertura, o tipo de cultura a ser explorada e os níveis de radiação exigidos pela mesma (Sentelhas et al., 1997).

O cultivo em ambiente protegido vem sendo amplamente utilizado na agricultura mundial, Takazaki & Della Vecchia (1993) estimam um crescimento mundial de aproximadamente 7% ao ano na utilização de estufas plásticas, com o consumo mundial de filme plástico agrícola de aproximadamente 1.250.000 t/ano. Sganzerla (1995) relata que o maior consumidor de plástico para ambientes protegidos, é o Japão (500.000 t/ano), seguido dos Estados Unidos (230.000 t/ano).

O PEBD é o material plástico de maior uso na agricultura brasileira e a nível mundial, tanto pelas suas propriedades físicas como pela fácil disponibilidade e baixo custo (Siqueira & Batista, 1994). Segundo Feuilloley et al. (1990), os agrofilmes utilizados para a cobertura de ambientes protegidos, são geralmente caracterizados pelo nível de transparência na faixa do visível, para garantir a eficiência fotossintética da planta, e na faixa do infravermelho para caracterizar o efeito estufa e limitar perdas noturnas. Neville & Carrijo (1999), afirmam que esses materiais devem possuir baixa densidade, para redução de cargas nas estruturas de suporte da cobertura.

Cermeño (1990) relata, que o cloreto de polivinil (PVC) é um material de maior interesse que o PEBD no aspecto de retenção de ondas longas (calor), apresentando valores entre 85% a 90%, evitando a ocorrência da inversão térmica, enquanto no PEBD, esses valores situam-se entre 10% a 15%. No entanto, Pandoupolos & Grafiadellis (1990) afirmam que o PVC apresenta como maior problema o acúmulo de poeira, verificando em seu primeiro ano de uso maior transmissibilidade de luz quando comparado ao PEBD, mas nos anos seguintes, essas diferenças decrescem acentuadamente devido à poeira. Segundo Sganzerla (1995), a utilização do PVC no Brasil é restrita pelo seu custo elevado, enquanto no Japão, o consumo de PVC representa 50% do volume total de materiais de cobertura utilizados no

cultivo protegido. De acordo com Kai et al. (1999), o PVC pode apresentar-se reforçado com fios de poliéster trançado e em diversas cores.

Devido a sua característica de impermeabilidade aos líquidos, os filmes plásticos empregados na cobertura de ambientes protegidos, em determinadas condições de temperatura e umidade do ar, tendem a condensar o vapor d'água na superfície inferior do filme de polietileno, reduzindo a transmissibilidade luminosa e térmica (Al-Riahi, 1989; Tanaka & Genta, 1982). Esses mesmos autores afirmam que esta característica, embora vantajosa durante à noite, não é desejável durante o dia, que por impedir a entrada de parte da radiação solar incidente, reduz a fotossíntese, o crescimento e o desenvolvimento das culturas, pois segundo Gates (1965), os efeitos cumulativos, como o crescimento, o armazenamento de açúcares, e o consumo de água de uma determinada cultura, dependem da quantia integrada de luz solar que alcança a planta durante várias horas ou dias. As temperaturas que governam a taxa de processos bioquímicos no interior da planta, dependem da radiação solar instantânea incidente na planta.

2.4 Elementos meteorológicos

2.4.1 Componentes da radiação solar

As medições dos componentes da radiação solar no interior de ambientes vegetativos com proteção, são alteradas por alguns fatores como o sombreamento do sensor pela estrutura de sustentação desses ambientes, a forma e inclinação do teto, o tipo de cobertura das laterais e as reflexões internas (Edwardds & Lake , 1965).

A radiação solar global numa superfície horizontal inclui a recebida diretamente, formada pelo ângulo sólido do disco solar e a radiação que foi espalhada ou

refletida difusamente ao atravessar a atmosfera (Fritschen & Gay, 1979). A densidade de fluxo de radiação solar no interior do ambiente protegido é menor do que a observada em condição de campo, devido à reflexão e à absorção da cobertura plástica (Seeman, 1979; Cermeño, 1990; Kurata, 1990). A reflexão é determinada pelas condições da superfície de cobertura (período de utilização e deposição de poeiras) e pelo ângulo de incidência da radiação solar, enquanto a absorção depende da composição química do material da cobertura (Montero et al., 1985).

Segundo Sentelhas et al. (1997), conforme o tipo de material de cobertura, a luminosidade é atenuada de forma diferenciada e ao estudarem tal característica, nos filmes de PEBD e PVC de mesma espessura, obtiveram valores de atenuação de 20 e 33%, respectivamente. Kai et al. (1999) avaliando em Piracicaba, SP, diferentes filmes plásticos na cobertura de ambientes protegidos, com relação à transmissibilidade de radiação solar, observaram que a variação da espessura do material com a mesma composição, exerce influência à passagem de luz, uma vez que o material menos espesso de PVC, 100 μ m, permitiu maior transmitância do que o filme plástico de PVC de 150 μ m de espessura.

Um dos principais componentes da radiação solar alterados pela cobertura dos ambientes protegidos é o saldo de radiação, devido à atenuação da radiação solar incidente externamente. Souza (1996) avaliando um ambiente protegido tipo túnel coberto com PEBD de 120 μ m, em várias fases fenológicas do feijão-vagem e, sob diversas condições de cobertura do céu, constatou que a radiação solar global e o saldo de radiação internos, equivaleram respectivamente a 63% e 42% da radiação global externa, e que o saldo de radiação interno representou 62% do saldo de radiação externo.

No que se refere a radiação difusa, Iqbal (1983) relata que os fatores dominantes na sua observação são: turbidez atmosférica, massa de ar e o albedo do solo e, que os efeitos do albedo da superfície só serão significativos quando apresentarem valores elevados, como por exemplo para localidades com superfícies cobertas por neve. Por outro lado Brunger & Hooper (1993) relatam que fatores como altura solar e cobertura de nuvens provocam alterações marcantes na radiação solar e sua distribuição. Segundo Begum (1998), para um dia de céu encoberto, cerca da metade da energia é espalhada para o espaço e o restante para a superfície terrestre.

Apesar da redução no total da radiação solar, a cobertura de PEBD também atua como meio dispersor da radiação solar, podendo aumentar a fração difusa no interior das estufas, o que é bastante desejável, uma vez que a radiação difusa é mais efetiva para a fotossíntese, pois é multidirecional e penetra melhor através do dossel da cultura (Edwards & Lake, 1965 e Prados, 1986). Ricieri (1995), estudando o efeito de um ambiente protegido tipo túnel com cobertura de polietileno, espessura de 150 μ m, sobre a radiação solar, concluiu que nos dias de céu claro o valor da radiação difusa interna é maior do que a medida externamente, devido à alta difusividade gerada pelo polietileno e pela estrutura do ambiente protegido. Enquanto outros autores encontraram ocorrência inversa para os dias nublados (Farias et al., 1993b; Camacho et al., 1995 ; Assis & Escobedo, 1996; Assis, 1998).

A radiação líquida (R_n) representa a principal fonte de energia utilizada nos diversos processos físico-químicos que ocorrem na superfície, bem como, o principal parâmetro utilizado em métodos que estimam as perdas de água de superfícies vegetadas para a atmosfera (Villa Nova, 1973, Leitão et al., 1990), sendo a diferença entre os

fluxos totais da radiação incidente e da radiação emitida e/ou refletida por uma superfície, medida sempre num plano horizontal (Monteith & Unsworth, 1990).

Sobre a magnitude do saldo de radiação interferem diversos fatores relacionados com os componentes de ondas curtas e ondas longas, destacando-se a latitude, altitude, época do ano, cobertura de nuvens, composição espectral da radiação incidente, propriedades espectrais da cultura, grau de cobertura do solo pela cultura, disponibilidade hídrica no solo e temperatura da superfície e da atmosfera (Blad & Baker, 1972).

Segundo Cunha (2001), freqüentemente relaciona-se o saldo de radiação com as componentes da radiação solar, através de regressão linear simples, onde a componente global ou a componente do balanço de ondas curtas são considerados variável independente, sendo específico para cada cultura e local, destacando-se os trabalhos de Shaw (1956), Fritschen (1967), Davies & Buttiner (1969).

Monteith & Szeicz (1962) observaram percentuais de 37%, 41% e 53%, para a razão entre totais diários de saldo de radiação e totais diários do componente solar global, nas superfícies de solo desnudo, grama e água livre de lago, respectivamente, enquanto Stanhill et al. (1966), estudando a radiação solar em superfícies naturais, determinaram que o total diário do saldo de radiação, correspondeu a 58% do total diário da radiação solar global, para superfície de água livre. Kalma & Badham (1972) obteve para essa mesma razão sobre pastagem, grama e solo desnudo, valores de 56%, 54% e 50%, respectivamente.

Em Botucatu, SP, Souza (1996) avaliando os componentes da radiação solar sobre o cultivo do feijão-vagem em ambiente protegido, constatou que a distribuição média do componente solar global foi de 66%, 76% e 10%, para os componentes saldo de radiação, balanço de ondas curtas e balanço de ondas longas. Frisina & Escobedo (1997),

trabalhando com saldo de radiação em ambiente protegido com cobertura de PEBD cultivado com alface, determinaram em condição interna e externa, saldo de radiação da ordem de 69% e 59% da radiação global, respectivamente. Cunha (2001) avaliando parâmetros agrometeorológicos da cultura de pimentão em um ambiente protegido com cobertura de PEBD de 120 μm , obteve para as condições de ambiente protegido e de campo, saldo de radiação de 66% e 60% da radiação global, respectivamente, enquanto Galvani (2001) trabalhando com a cultura do pepino no mesmo ambiente protegido utilizado por Cunha (2001), constatou que o saldo de radiação no interior do ambiente protegido e a campo, correspondeu a 60 % e 50% da radiação global, respectivamente, para o ciclo outono-inverno. Segundo Galvani (2001) a diferença entre os valores encontrados de (R_{npt}/R_{gpt}) e (R_{nca}/R_{gca}) , ocorre em função do tipo de cultura utilizada por diferentes autores, da localização do campo experimental (latitude) e da época do ano (sazonalidade), resultando em condições diferentes de reflexão e emissão da energia incidente da superfície ou devido ao intervalo de medidas utilizado nos diferentes trabalhos.

Coefficientes de determinação superiores a 0,90 são freqüentemente encontrados em trabalhos que relacionam saldo de radiação e balanço de ondas curtas ou radiação solar global, entre os quais, André & Viswanadhan (1983); Medeiros (1990); Aguiar e Silva (1999); Galvani (2001). Segundo Cunha et al. (1993), esses altos coeficientes de determinação obtidos, tem levado a optar-se pela relação com a radiação solar global incidente devido não necessitar do conhecimento do coeficiente de reflexão da cultura.

2.4.2 Coeficiente de reflexão

A razão entre a radiação solar refletida e a incidente sobre uma superfície qualquer é representada pelo coeficiente de reflexão. De acordo com Stanhill et al. (1968) e Blad & Baker (1972), nas superfícies vegetadas, esse coeficiente varia em função da espécie cultivada, do ângulo de incidência dos raios solares (época do ano e hora do dia), do percentual de cobertura do solo pela vegetação, condições de umidade do solo e do tipo e da quantidade de irradiância. Outros fatores intrínsecos à vegetação, conforme relataram Allen & Brown (1965), também produzem alterações no coeficiente de reflexão destas superfícies, a citar, coloração, arquitetura e adensamento das plantas, além dos arranjos foliares característicos de cada espécie vegetal. Esses mesmos autores constataram que quando as folhas formam um dossel vegetativo, parte da radiação é retida no interior do dossel por reflexão múltipla, tornando a refletividade de uma comunidade de plantas, menor do que aquela observada em plantas isoladas.

O coeficiente de reflexão de superfícies naturais com densa cobertura de vegetação varia num intervalo, entre 0,10 a 0,25 (Budiko, 1974). Segundo Jacob & Van Pul (1990) as superfícies vegetadas exibem coeficientes de reflexão diferentes de acordo com o desenvolvimento da cultura. No início do ciclo ele é determinado, principalmente, pelas características óticas das partículas do solo, estrutura da superfície e conteúdo de umidade do solo, e no final do ciclo pelas condições físicas das folhas e pela estrutura do cultivo.

No que se refere ao ângulo de elevação solar, os mínimos valores do coeficiente de reflexão são registrados para o sol próximo ao zênite aumentando à medida que o sol se aproxima do horizonte devido a uma menor possibilidade de múltiplo espalhamento

pelos elementos do dossel vegetativo (Kuhn et al., 1977). Monteith & Szeicz (1961) realizando medições de componentes do balanço de radiação em dias com céu claro, revelaram para solo, valores variando de 0,16 com o sol a 60° de elevação até 0,19 com o sol a 20° e média diária de 0,17, enquanto para grama o coeficiente de reflexão variou de 0,23 a 0,28 e, para vegetais o valor médio diário ficou entre 0,19 a 0,25, nessas mesmas elevações. Assis (1998) ao observar a curva diária do coeficiente de reflexão, também verificou sua dependência do ângulo de elevação solar, sobretudo nos dias de céu claro.

O coeficiente de reflexão do solo depende do tipo de solo, da sua cor e textura, do conteúdo de matéria orgânica e água, da rugosidade e do ângulo de incidência da radiação solar (Stanhill et al., 1968). Chia (1967) estudando o coeficiente de reflexão de seis tipos de solo em Barbados, concluiu que este parâmetro apresentou variação de acordo com a cor, condições de umidade e rugosidade, obtendo no solo seco valores de 0,12 a 0,14 e de 0,08 a 0,11 no solo úmido, enquanto o solo muito úmido apresentou coeficiente de reflexão em torno de 0,07, enquanto Kalma & Badham (1972) obtiveram valores do coeficiente de reflexão para o solo seco variando de 0,20 a 0,30, e de 0,14 a 0,16 para o solo completamente úmido, sendo que no solo com umidade moderada, este coeficiente foi 2 a 4% menor do que o do solo seco, indicando a influência da umidade do solo no valor do coeficiente de reflexão.

Nos Estados Unidos, Fritschen (1967) determinou o coeficiente de reflexão de superfícies com cultura de alfafa, cevada, trigo e aveia, obtendo para a cultura da alfafa um coeficiente de reflexão entre 0,20 a 0,27, valores similares foram encontrados para a cevada, 0,20 a 0,26, sendo o valor mais baixo obtido na emergência, a 5 cm de altura, e o mais alto na maturação, para ambas as culturas. O coeficiente de reflexão do trigo variou entre 0,18 a 0,23, enquanto na aveia, este parâmetro variou de 0,16 a 0,25. Ling & Robertson (1982)

estudando o coeficiente de reflexão de algumas coberturas vegetativas, determinaram os valores médios deste coeficiente para palmeira, cacauzeiro e grama natural, como sendo de 0,18, 0,19 e 0,21, respectivamente.

Muitos autores conduziram pesquisas no Brasil com o objetivo de caracterizar o coeficiente de reflexão de superfícies vegetadas. Leitão et al. (1989), estudando a variação do coeficiente de reflexão durante o ciclo da cultura da soja, sob condições semi-áridas do Nordeste do Brasil, constataram que no início do ciclo o coeficiente médio de reflexão foi de 0,12, atingindo 0,25 no período de floração, decrescendo à partir desta fase e, apresentando um valor de 0,21 no início da colheita. Fontana et al. (1991) estudando esta mesma cultura em Taquari, RS, encontraram um coeficiente de reflexão médio de 0,26, para um índice de área foliar entre 4,7 a 7,7.

Em Botucatu, SP, Souza (1996) estudando a cultura do feijão-vagem em um ambiente protegido com cobertura de PEBD e externamente, verificou que com o desenvolvimento da cultura, houve aumento no coeficiente de reflexão, variando de 0,20 a 0,24 no ambiente sob proteção plástica e de 0,10 a 0,16 externamente. Cunha (2001) estudando a cultura do pimentão em ambiente protegido com cobertura de PEBD e externamente, obteve valores médios similares do coeficiente de reflexão, ou seja, 13,57% e 13,73%, para as condições de cultivo protegido e de campo, respectivamente, enquanto Galvani (2001) avaliando parâmetros agrometeorológicos em ambiente protegido com cobertura de PEBD cultivado com pepino, encontrou valores médios do coeficiente de reflexão 15,6% e 17,6% no ciclo de outono-inverno e, de 20,6% e 17,7 no ciclo de primavera-verão, para os cultivos protegido e de campo, respectivamente.

2.4.3 Temperatura do solo

A principal causa da variação da temperatura na superfície do solo é a alteração da intensidade da radiação solar (Van Wijk, 1966). A partir do balanço de radiação na superfície, o solo se aquece e se resfria no decurso do dia e do ano, provocando variações térmicas nas camadas subjacentes. Pelo fato da absorção e da perda de energia ocorrerem na superfície aliado à baixa velocidade de propagação do calor no interior do solo, as variações térmicas mais acentuadas se limitam aos horizontes superficiais (Rosenberg, 1974; Bergamaschi & Guadagnin, 1993). Para Scheneider et al. (1993), a temperatura do solo é o elemento do ambiente que determina a velocidade de germinação das plântulas, sendo sua influência maior nos subperíodos semeadura-emergência e crescimento inicial, quando ocorrem acentuadas amplitudes térmicas diárias, principalmente próximo a superfície.

Em Botucatu, SP, Galvani et al. (1999), avaliando a temperatura e o fluxo de calor no solo em ambiente protegido cultivado com pepino, concluíram que a temperatura média do solo ao longo do ciclo em condições externas apresentou valores superiores nas profundidades de 0,10 e 0,20 m, e valores inferiores para a profundidade de 0,30 m. Ainda em Botucatu, SP, Aguiar e Silva et al. (2000), estudando a variação da temperatura do solo na profundidade de 0,10 m, no interior de um ambiente protegido e externamente, ambos sem cultura, obtiveram valores médios de 22,64°C e 21,92°C e valores máximos de 26,35°C e 26,21°C, em condição interna e externa, respectivamente, enquanto Cunha (2001) obteve ao longo do ciclo da cultura de pimentão, valores médios de temperatura do solo na profundidade de 0,10m, de 20,98°C e 19,68°C, para as condições de cultivo protegido e de campo, respectivamente, enquanto na profundidade de 0,20m os valores

encontrados foram respectivamente de 20,45°C e 20,25°C, para o cultivo protegido e de campo.

2.4.4 Temperatura do ar

A temperatura do ar e a disponibilidade de água no solo, podem ser considerados os principais elementos do clima limitantes ao crescimento e desenvolvimento das plantas em geral. Outro aspecto que merece destaque em relação ao efeito da temperatura do ar nas plantas, refere-se aos danos associados aos seus valores extremos (Prates & Calvetti, 1999). Kittas et al. (1987) e Mills et al. (1990), estudando alguns elementos meteorológicos em um ambiente protegido tipo túnel, concluíram que o elemento determinante da temperatura do ar interna diurna é a radiação solar global, sendo também relevante a velocidade do vento exterior.

Segundo Alpi & Tognoni (1991), observa-se no interior de ambientes sob cobertura plástica, uma variação de temperatura, desde um mínimo nas proximidades do solo, até um máximo junto ao teto. Faria JR. (1994) avaliando em Ilha Solteira, SP, as condições microclimáticas em ambientes protegidos tipo estufa e capela, cobertos com PEBD, no período de julho a outubro, em 1991 e 1992, verificou que as estufas não diferiram em nenhuma das variáveis climáticas analisadas (temperatura máxima, mínima e média do ar e umidade relativa do ar), apresentando, entretanto, valores mais elevados da temperatura máxima que aqueles obtidos em campo aberto, porém, o perfil vertical de temperaturas mostrou diferenças marcantes, com valores crescentes do solo para o teto, para os dois tipos de ambiente protegido. Buriol et al. (1997), ao estudarem a temperatura do ar no interior de dois ambientes protegidos com cobertura de PEBD, nos níveis 0,20, 0,60 e 2 m acima da superfície

do solo na cultura do alface e do tomate, também concluíram que durante o período diurno ocorreu um aumento da temperatura do ar com a altura.

O PEBD apresenta elevada transparência à radiação solar, deixando passar em média, em torno de 70 a 90% da radiação de onda curta incidente, podendo este percentual atingir, no máximo, 95% (Robledo de Pedro & Martin, 1981). No entanto, este material também apresenta uma elevada transmissibilidade à radiação de onda longa, permitindo a passagem, de até 80% desta, não impedindo a perda noturna de energia, o que resulta numa queda acentuada da temperatura do ar (Tapia, 1981), causando freqüentemente o fenômeno conhecido como “inversão térmica” (Baille & Brun, 1983; Herter & Reisser JR., 1987; Andriollo et al., 1989).

O valor médio da temperatura mínima do ar no interior de ambientes protegidos cobertos com filme de PEBD, tende a ser igual ou ligeiramente superior, quando comparado com o obtido no ambiente externo (Montero et al., 1985; Mills et al., 1990). Teodoro & Oliveira (1991), concluíram que as temperaturas mínimas do ar registradas foram as mesmas, dentro e fora do ambiente protegido por PEBD. Buriol et al. (1993a), avaliando a modificação causada por ambientes protegidos cobertos com PEBD sobre a temperatura mínima do ar, em Santa Maria, RS, em épocas distintas do ano, também concluíram que as temperaturas mínimas, medidas a 1,5 m do solo, foram bem próximas daquelas observadas à campo, enquanto Camacho et al. (1995) avaliando em Capão do Leão, RS, elementos meteorológicos em uma estufa tipo túnel alto, com cobertura plástica, verificaram que as temperaturas mínimas do ar dentro do túnel foram inferiores às obtidas externamente, denotando a incapacidade do abrigo em proporcionar um adequado armazenamento de

energia, o que foi atribuído a grande transparência do material de cobertura às radiações de ondas longas.

Em geral, durante o período diurno a temperatura do ar no interior de ambientes protegidos com cobertura de PEBD, está acima daquela verificada à céu aberto, sendo que as maiores diferenças ocorrem no período de 12 às 16 horas, o que evidencia o efeito de cobertura plástica sobre as temperaturas máximas (Farias et al., 1993b). Martins (1992), trabalhando com um ambiente protegido tipo capela, dimensão 8 x 25 m, durante o verão em Jaboticabal, SP, também observou que os maiores valores de temperatura máxima foram registrados no interior do ambiente sob proteção plástica, porém, houve pequeno efeito da cobertura de polietileno sobre a temperatura mínima do ar. De acordo com observações de Farias et al. (1993a), os valores da temperatura e umidade relativa do ar, verificados no interior de um ambiente protegido, tipo capela, localizado em Capão do Leão, RS, e aqueles da condição de campo, ficaram bastante próximos. O maior efeito da cobertura plástica ocorreu sobre as temperaturas máximas, resultando em valores médios decendiais superiores em 1,2 a 4,4 °C que aqueles obtidos em condição de campo. Segundo Montero et al. (1985) a amplitude térmica diária verificada no interior dos ambientes protegidos é maior em relação ao meio externo, devido a temperatura máxima do ar ser mais elevada no interior desses ambientes modificados, e a mínima praticamente igual à do ambiente externo.

Montero et al. (1985), avaliaram ambientes protegidos com cobertura de PEBD na região de Almeria, Espanha e, observaram maiores valores de temperatura média do ar no interior do ambiente sob proteção plástica, do mesmo modo como constatado por Robledo De Pedro & Martin (1981) e Mills et al. (1990), que também relataram valores médios de temperatura do ar mais elevados no interior de ambientes protegidos com cobertura

polietileno. Al-Riahi et al. (1989) avaliaram as condições microclimáticas de um ambiente protegido tipo túnel, cultivado com pepino, em Bagdá, Iraque e, constataram que no período de janeiro a abril de 1987, as médias mensais das temperaturas diárias do ar foram sempre superiores no ambiente protegido, da ordem de 1,1 a 3,2°C.

2.4.5 Umidade relativa do ar

O conhecimento da temperatura e umidade do ar no dossel vegetativo é fundamental em estudos climatológicos das culturas que se desenvolvem num determinado ambiente, sendo que a variação destes elementos micrometeorológicos condicionam não só o crescimento e o desenvolvimento das plantas, como também a ocorrência de doenças e pragas (Heldwein & Krzysch, 1999).

Os valores da umidade relativa do ar no interior dos ambientes protegidos são muito variáveis e estão relacionados aos valores de temperatura do ar, pois para um mesmo conteúdo de vapor d'água no ar, a umidade relativa é inversamente proporcional à temperatura (Seeman, 1979; Prados, 1986). Durante o período diurno, com o aumento da temperatura do ar, a umidade relativa diminui no interior do ambiente sob cobertura plástica, tornando-se inferior à verificada externamente, enquanto no período noturno, a umidade relativa aumenta, chegando próxima a 100%, em decorrência da queda da temperatura e à retenção do vapor d'água pela cobertura plástica (Tanaka & Genta, 1982),

Martins et al. (1992a), caracterizando o microclima formado num ambiente protegido tipo capela, com dimensões 10 x 50 m, coberto por filme de PEBD, 100µm de espessura, localizado em Pelotas, RS, concluíram que os valores de umidade relativa do ar, dentro e fora do ambiente protegido, durante o período diurno não apresentaram

diferenças, enquanto no período noturno, foram verificados valores mais elevados no ambiente protegido. Do mesmo modo como observado por Montero et al. (1985) e Levit & Gaspar (1988), que encontraram valores médios mais elevados de umidade relativa à noite e pela manhã, e valores praticamente iguais no período mais quente do dia.

Os valores médios de umidade relativa do ar no interior de um ambiente protegido de PEBD, são similares aos observados em condição de campo (Prados, 1986; Cunha, 2001; Galvani; 2001). Martins (1992), avaliando os elementos meteorológicos de um ambiente protegido tipo capela, dimensão 8 m x 25 m, durante o verão em Jaboticabal-SP, observou que houve pequeno efeito da cobertura de polietileno sobre os valores de temperatura mínima do ar e umidade relativa média. De acordo com Farias et al. (1993a), os valores médios de temperatura e umidade relativa do ar, verificados no interior de um ambiente protegido tipo capela, com dimensões de 10 x 50m, localizado em Capão do Leão-RS, e aqueles do meio externo, ficaram bastante próximos. Com relação à umidade relativa, foram detectadas as maiores médias das máximas e as menores médias das mínimas, no interior do ambiente sob proteção plástica, aumentando a amplitude diária da umidade relativa do ar, não alterando os valores médios. Fernandes (1996), estudando as condições microclimáticas em um ambiente protegido com cobertura plástica de PEBD de 150 μ m, cultivado com crisântemo, na Região Sul do Brasil, observou que os valores das umidades relativas máxima, média e mínima do ar determinadas externamente foram superiores em média 4%, 1% e 4%, respectivamente, em relação aos valores internos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local do experimento

O experimento foi conduzido no Departamento de Recursos Naturais - Setor de Ciências Ambientais da Faculdade de Ciências Agronômicas - Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu, com as seguintes coordenadas geográficas: latitude 22° 51' S, longitude 48° 26' W e, altitude de 786 metros, durante o período de 20/04/2000 a 02/11/2000.

O clima de Botucatu, SP, segundo critérios adotados por W. Köppen, foi classificado como Cwa, clima temperado quente (mesotérmico) com chuvas no verão e seca no inverno, apresentando temperatura média de 16,5°C para o mês mais frio e de 23,9°C para o mês mais quente do ano, com temperatura média anual do ar de 20,5 °C. A precipitação pluviométrica máxima de inverno foi de 108,6mm e a máxima verão de 309,6mm, com média anual de 1533,2mm (Cunha et al., 1999).

3.2 Características físicas e químicas do solo

As amostras de solo para a análise física foram coletadas nas profundidades de 0 a 0,20, 0,20 a 0,40 e 0,40 a 0,60m, enquanto para a análise química as profundidades de coleta foram 0 a 0,15 e 0,15 a 0,30m, com amostragens no interior do ambiente protegido e em condição de campo, segundo EMBRAPA (1997). Os resultados da análise física são apresentados no Quadro 1 e da análise química no Quadro 2.

A análise química do solo foi efetuada em novembro de 1999. Devido ao excesso de potássio, conforme observado no Quadro 2, foi aplicada nas duas parcelas experimentais, intensa irrigação por aspersão no período de 21 a 25/02/2000, visando à lixiviação do excesso de K, o que tornou o solo sob este aspecto em condições de salinidade, passível de ser cultivado com pimentão.

Segundo EMBRAPA (1999), o solo onde foi realizado este experimento, foi classificado como Latossolo Vermelho Eutrófico A moderado textura média.

Quadro 1 – Análise física do solo da área experimental realizada pelo Departamento de Recursos Naturais - Setor Ciências Ambientais. UNESP/FCA/Botucatu, 2000.

Camada (cm)	Granulometria (%)		
	Argila	Silte	Areia
0-20 ^{pt}	29,35	10,58	60,07
20-40 ^{pt}	31,35	7,53	61,12
40-60 ^{pt}	28,45	10,19	61,36
0-20 ^{ca}	22,45	13,78	63,77
20-40 ^{ca}	26,05	8,40	65,55
40-60 ^{ca}	26,05	8,38	65,50

^{pt} = solo do ambiente protegido; ^{ca} = solo do campo.

Quadro 2 – Análise química do solo da área experimental realizada pelo Departamento de Recursos Naturais - Setor Ciências do Solo. UNESP/FCA/Botucatu, 2000.

Camada (cm)	pH CaCl ₂	M.O. g/dm ³	P _{resina} mg/dm ³	H+Al	K	Ca mmol _c /dm ³	Mg	SB	CTC	V (%)
0-15 ^{pt}	5,9	40	803	16	20,9	98	56	175	191	91
15-30 ^{pt}	6,3	42	657	13	22,0	112	63	197	210	94
0-15 ^{ca}	6,4	38	1136	16	9,4	161	68	239	254	94
15-30 ^{ca}	6,3	28	595	16	3,6	105	4	155	172	90

^{pt} = solo do ambiente protegido; ^{ca} = solo do campo.

3.3 Área experimental

A área experimental foi constituída por duas parcelas, sendo a primeira em ambiente protegido de 7 x 40m, estrutura tipo arco, em ferro galvanizado, com pé-direito de 2,2 m e altura central de 4 m, orientado no sentido NNW-SSE, com cobertura de polietileno de baixa densidade difusor de luz, espessura de 150 µm, fabricado pela Nortene S.A., tendo nas laterais malha preta de polipropileno com redução de 50% da radiação solar. As estruturas laterais foram fixadas com “estirantes” de arame presos em bases de concreto no interior do solo, devido à ocorrência de ventos fortes (Figura 1). A segunda parcela constou de uma área em condição de campo, situada a 15m de distância, com as mesmas dimensões e orientação da primeira (Figura 2).

3.4 Híbrido

O híbrido de pimentão utilizado é denominado “Elisa”, que se caracteriza por apresentar excelente vigor, boa produtividade e grande heterogeneidade no desenvolvimento. Os frutos apresentam coloração vermelha na maturação, grande aceitação pelos consumidores, além de elevado preço no mercado interno.



Figura 1 - Fotografia da área experimental no cultivo protegido (Foto: Sousa, J.W., em 20/04/00).



Figura 2 - Fotografia da área experimental no cultivo de campo (Foto: Sousa, J.W., em 20/04/00).

3.5 Preparo das mudas

Esta fase desenvolveu-se no viveiro da Fazenda Experimental de Ensino, Pesquisa e Produção da Faculdade de Ciências Agronômicas – Universidade Estadual Paulista - UNESP, localizada em São Manuel-SP. A semeadura ocorreu no dia 9 de março de 2000, em bandejas de poliestireno expandido modelo 128-6, tendo como substrato uma mistura composta de 150 L de terra peneirada, 50 L de húmus, 50 L de casca de arroz carbonizada, 50 L de esterco de curral curtido e 1,5 kg de adubo 04-14-08. Foram utilizadas 10 bandejas para a obtenção do número de mudas necessário ao transplântio nas duas parcelas experimentais e para um eventual retransplântio. Enquanto permaneceram no viveiro, as mudas de pimentão receberam irrigações diárias.

3.6 Irrigação da cultura

Foi utilizado o sistema de irrigação por tubos gotejadores, operando com 5 m.c.a. (metro de coluna de água) e vazão de 1 L/h para cada gotejador, com 2 tubos por linha de plantio e espaçamento entre os gotejadores de 0,3 m. O controle da irrigação foi efetuado baseando-se em valores de evapotranspiração obtidos através de 6 lisímetros de lençol freático constante, sendo instalados 3 em ambiente protegido e 3 em condição de campo. Esses lisímetros forneceram através da diferença entre duas leituras consecutivas os valores da evapotranspiração da cultura, que foi reposta no dia seguinte através da irrigação.

Visando o acompanhamento da variação do armazenamento de água no solo, foi calculado o balanço hídrico referente ao ano de 2000 para a localidade de Botucatu, SP, conforme mostra a Figura 3. Os cálculos foram realizados em planilha Excel elaborada por Rolim et al. (1998), adotando-se o método de Thornthwaite & Mather (1955),

considerando-se uma capacidade de água disponível no solo de 50mm. A estimativa da evapotranspiração potencial baseou-se no método de Thornthwaite (1948).

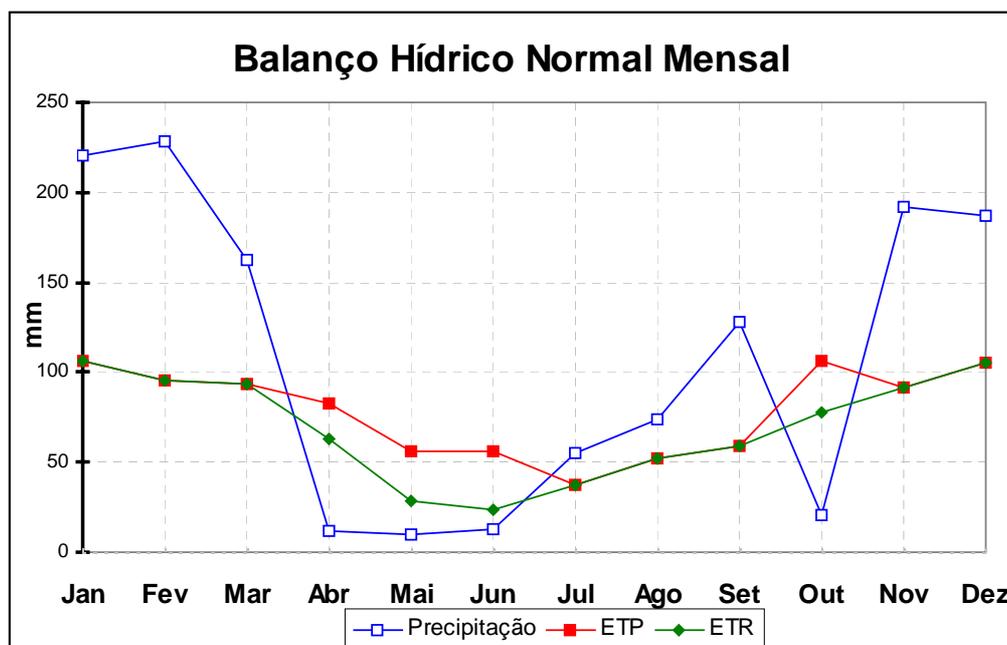


Figura 3 - Balço hídrico mensal referente ao ano de 2000 para a localidade de Botucatu, SP.

Os dados de precipitação pluviométrica e de temperatura do ar utilizados nesse balço hídrico foram obtidos na estação meteorológica convencional do Departamento de Recursos Naturais, Setor de Ciências Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Botucatu, SP.

A Figura 4 mostra a deficiência, o excedente, a retirada e a reposição hídrica para o ano de 2000.

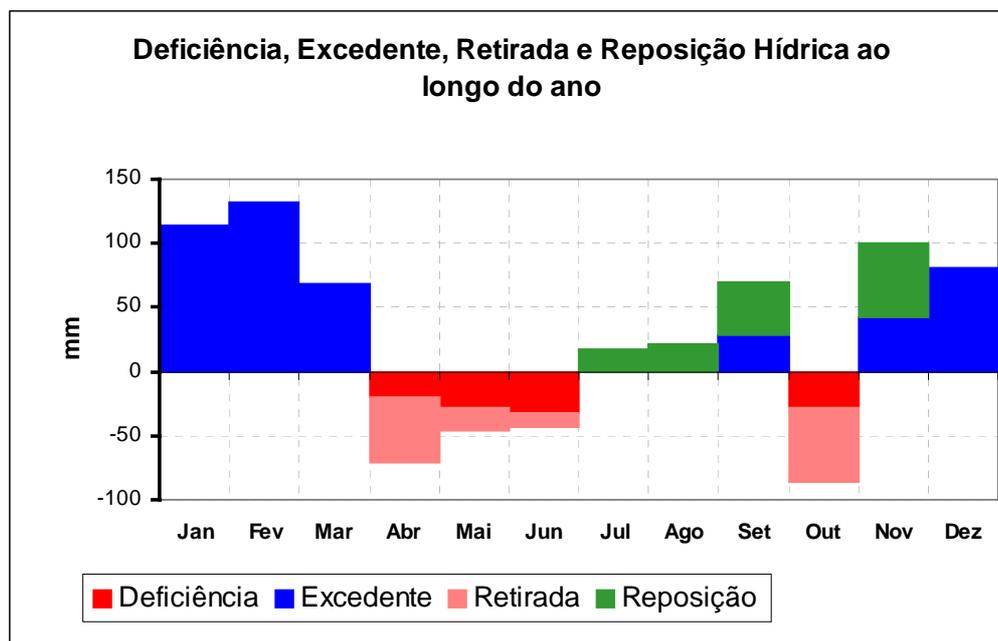


Figura 4 – Deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica mensal ao longo do ano 2000 para a localidade de Botucatu, SP.

3.7 Instalação e condução do experimento

O preparo do solo das duas parcelas experimentais foi efetuado manualmente nos dias 03 e 04 de abril de 2000, ocasião em que foi realizada a incorporação dos adubos recomendados mediante análise química do solo. Os canteiros foram preparados com o auxílio de enxadões, incorporando-se a adubação numa profundidade de até 30 cm. A adubação empregada por m² de canteiro constou de 3 L de composto orgânico humificado Biomix, 3 kg de esterco bovino decomposto, 15 g de termofosfato com B+Zn, 15 g de superfosfato simples e 10 g de cloreto de potássio

O transplântio das mudas foi realizado no ambiente protegido e em condição de campo no dia 20 de abril de 2000, após 43 dias da sementeira, com uma planta por cova, espaçadas de 0,30 m na linha de plantio por 1m de canteiro. Cada parcela

experimental constou de três canteiros de 36 m de comprimento e 1 m de largura, com uma linha de cultura por canteiro, utilizando-se 120 plantas/canteiro, totalizando 360 plantas para cada experimental.

Após o transplântio o experimento foi irrigado a uma frequência diária, mantendo-se o teor de água no solo na capacidade de campo. Nas duas semanas após o transplântio, foi realizada a substituição das mudas mortas ou daquelas que apresentavam desenvolvimento não satisfatório, através de mudas reservas. Logo em seguida ao transplântio, foi realizada uma aplicação de deltamethrine (0,3 mL / 1 L H₂O) e alaninato+metalaxyl (3 g / 1 L H₂O), para o controle das pragas aéreas e da podridão de raiz, respectivamente.

A adubação de cobertura foi realizada conforme a recomendação de adubação, aplicando-se 1,7 g de nitrato de potássio e 2,5 g de nitrocálcio por planta. Durante o período experimental foram efetuadas 5 escarificações nos canteiros, devido à diminuição da permeabilidade superficial dos mesmos à água.

As plantas daninhas foram controladas durante o ciclo da cultura de pimentão por meio de 5 capinas manuais.

O tutoramento das plantas foi efetuado com o auxílio de fitilhos plásticos esticados que eram suportados por varas de bambu. A cada 1,5 m ao longo do canteiro, foram fixadas na superfície do mesmo duas varas de bambu com aproximadamente 2,5 m de comprimento, inclinadas no formato de “V”, que eram presas em arames fixados em mourões de 2,5 m nas extremidades dos canteiros. À medida que as plantas cresciam, as mesmas eram individualmente presas nos fitilhos por meio de um alceador da marca Max Tapener HT-B, visando impedir a quebra das hastes com o peso dos frutos. As plantas foram

conduzidas com 3 hastes segundo (Cunha, 2001), à partir da primeira bifurcação, realizando-se em seguida desbrotas semanais, mantendo-se apenas o desenvolvimento destes três ramos.

3.8 Características de crescimento da cultura

Foram marcadas aleatoriamente no transplântio 56 plantas, sendo 28 plantas em cada parcela. Em intervalos de 15 dias quatro plantas eram retiradas dos canteiros, sendo 2 do cultivo protegido e 2 do de campo, sempre igualmente competitivas. As plantas foram analisadas quanto à altura, o número de folhas, a área foliar, o índice de área foliar e a matéria seca (folhas, caule, ramos, raiz e frutos), utilizando-se nas análises, os resultados oriundos da média das 2 plantas de cada parcela experimental. A primeira análise destrutiva foi realizada por ocasião do transplântio em 20/04/2000 e a última em 01/11/2000.

A altura de planta foi medida através de uma régua graduada em centímetros, desde a superfície do solo até o ápice da planta, obtendo-se a medida de cada planta em cm.

O número de folhas foi obtido por meio da contagem manual das folhas de cada planta, no momento da análise da área foliar.

A área foliar de todas as folhas de cada planta foi medida por um integrador eletrônico de área, modelo AAM-8 da Hayashi Denkoh (Japão), obtendo-se as medidas em cm². O índice de área foliar foi determinado segundo Cunha (2001), utilizando-se a equação:

$$IAF = \frac{(AF)3,33}{3000} \quad (1)$$

A matéria seca da planta foi determinada após a secagem das folhas, caule, ramos, raiz e frutos, em uma estufa aerada a 60-70°C, até o material atingir massa constante e, em seguida pesados em balança com precisão de 0,01g.

A colheita individualizada ocorreu nas 12 plantas que foram marcadas aleatoriamente no transplântio, sendo 6 plantas em condição de ambiente protegido e 6 a campo. Os frutos foram colhidos semanalmente, quando os mesmos apresentavam aproximadamente 60% da coloração vermelha, com início da colheita em 28/08/00 e término em 01/11/00, sendo realizadas 9 colheitas no ambiente protegido e 7 em condição de campo. Após a colheita os frutos eram encaminhados ao laboratório para as análises de produção e classificação dos frutos.

3.9 Características e classificação da produção

Estas características foram determinadas analisando-se os frutos colhidos das 12 plantas marcadas aleatoriamente no transplântio, sendo 6 plantas em condição de ambiente protegido e 6 em condição de campo, considerando-se como valores nas análises, as médias referentes ao número de plantas efetivamente colhidas em cada cultivo. Foram realizadas análises quanto ao comprimento e diâmetro dos frutos, à espessura da polpa dos frutos, número de frutos e a matéria fresca dos frutos, efetuando-se posteriormente a classificação da produção por intermédio do programa Horti & Fruti Padrão (São Paulo, 1998).

O comprimento dos frutos foi obtido por intermédio de uma régua graduada em centímetros.

O diâmetro dos frutos foi obtido por meio de um paquímetro metálico graduado em centímetros.

A espessura da polpa dos frutos foi obtida através de um paquímetro metálico graduado em centímetros, convertendo-se as medidas para mm.

O número de frutos por planta foi determinado por ocasião das colheitas realizadas no período de 28/08/2000 a 01/11/2000, através da observação e contagem.

O peso da matéria fresca dos frutos imediatamente após a colheita, foi obtido através da pesagem individual dos mesmos em balança eletrônica com precisão de 0,01 g.

A matéria seca dos frutos foi determinada após a secagem dos mesmos em estufa aerada à 60-70°C, até atingir massa constante e, sendo posteriormente pesados em balança eletrônica com precisão de 0,01 g.

O peso médio dos frutos foi obtido somando-se o peso da matéria fresca dos frutos colhidos em cada parcela experimental (9 colheitas em cultivo protegido e 7 em cultivo de campo) e dividindo-se pelo número total de frutos colhidos em cada cultivo.

A produção de frutos por planta (kg/planta) para os dois cultivos foi determinada através da multiplicação do número médio de frutos por planta pelo peso médio dos frutos (g) e dividindo-se por 1000.

A produtividade em kg/m^2 , foi determinada segundo Cunha (2001), através da seguinte expressão:

$$\text{Produtividade} = (\text{kg} / \text{planta}) \cdot 3,33 \quad (2)$$

A classificação da produção foi baseada nos critérios do programa Horti & Fruti Padrão (São Paulo, 1998), que consiste na separação dos frutos por formato, cor, tamanho e categoria, sendo que a identificação da qualidade do produto foi obtida através da caracterização e quantificação dos defeitos. Com as medidas de comprimento e diâmetro dos frutos, obteve-se a classe e a sub-classe, respectivamente, enquanto o grupo e o sub-grupo foram obtidos respectivamente, à medida que ocorria a identificação do formato e da coloração dos frutos. Os limites de tolerância de defeitos graves e leves para cada categoria de qualidade, permitiram a classificação do fruto conforme apresentado no Quadro 3.

Quadro 3 - Limites de tolerância de defeitos graves e leves para cada categoria de qualidade de frutos de pimentão.

Defeitos	Extra	Categoria I	Categoria II	Categoria III
Podridão	até 0%	até 1%	até 1%	até 3%
Murcho	até 1%	até 2%	até 3%	>3%
Queimado	até 1%	até 1%	até 2%	> 2%
Dano não-cicatrizado	até 1%	até 1%	até 2%	> 2%
Total defeito grave	até 1%	até 3%	até 5%	até 10%
Total defeito leve	até 5%	até 10%	até 15%	100%
Total geral	até 5%	até 10%	até 15%	até 100%

3.10 Elementos meteorológicos

3.10.1 Componentes da radiação solar e fluxo de calor no solo

As especificações e as constantes de calibração dos sensores das componentes global, difusa e refletida, do saldo de radiação e do fluxo de calor no solo, empregados no monitoramento dos parâmetros agrometeorológicos no cultivo protegido e de campo, são apresentados no Quadro 4.

A medida da radiação solar global foi feita nas parcelas experimentais por dois piranômetros instalados a 2 m de altura da superfície do canteiro central de cada parcela experimental, sendo um no interior do ambiente protegido e outro no campo.

Quadro 4 – Especificações dos sensores dos componentes da radiação solar e fluxo de calor no solo com suas respectivas constantes de calibração.

Componentes da radiação solar	Constantes de calibração	
	Cultivo protegido	Cultivo de campo
Global	10,06 $\mu\text{V}\cdot\text{m}^2\cdot\text{W}^{-1(1)}$	11,49 $\mu\text{V}\cdot\text{m}^2\cdot\text{W}^{-1(1)}$
Difusa	21,47 $\mu\text{V}\cdot\text{m}^2\cdot\text{W}^{-1(1)}$	8,17 $\mu\text{V}\cdot\text{m}^2\cdot\text{W}^{-1(3)}$
Refletida	10,06 $\mu\text{V}\cdot\text{m}^2\cdot\text{W}^{-1(1)}$	11,49 $\mu\text{V}\cdot\text{m}^2\cdot\text{W}^{-1(1)}$
Saldo de radiação	9,14 $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{mV}^{-1(2)}$	13,5 $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{mV}^{-1(2)}$
Fluxo de calor no solo	35,8 $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{mV}^{-1(2)}$	36,2 $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{mV}^{-1(2)}$

⁽¹⁾ Fabricante:KIPP-ZONEN

⁽²⁾ Fabricante:REBS

⁽³⁾ Fabricante:EPPLEY

A medida da radiação solar difusa (R_d) foi realizada nas parcelas experimentais empregando-se um anel de sombreamento acoplado sobre um piranômetro, utilizando-se 2 piranômetros e 2 anéis, instalados a 2m de altura da superfície do canteiro central, um no cultivo protegido e outro no de campo. O anel de sombreamento, constituído por um arco metálico com 40 cm de raio e 10 cm de largura, com a finalidade de impedir a incidência direta dos raios solares sobre o sensor, e por esta razão, os valores obtidos de R_d foram corrigidos pela multiplicação de um fator de correção, o qual é função das dimensões do anel (raio e largura), da latitude local, da declinação solar e do ângulo horário no pôr do sol (Melo, 1993).

A medida da radiação solar refletida (R_r) foi realizada nas parcelas experimentais por 2 piranômetros, instalados a 2 m de altura da superfície do canteiro central, sendo um no cultivo protegido e outro no de campo.

A medida do saldo de radiação foi realizada por 2 saldos radiômetros modelo Q7.1(REBS) instalado a 2 m de altura da superfície do canteiro central dos cultivos protegido e de campo.

A medida do fluxo de calor no solo foi realizada por 2 fluxímetros modelo HFT-3 (REBS), instalados no canteiro central a 0,02 m de profundidade, sendo um no cultivo protegido e outro no de campo.

A observação agrometeorológica na cultura de pimentão foi feita por um "Micrologger 21X" (Campbell Scientific, Inc., 1984-96), acoplado a um Relay Multiplex AM416 da Campbell Scientific, Inc. (1984-96), devido ao insuficiente número de entradas para a conexão dos sensores. Foram conectados ao "Micrologger 21X" e monitoraram nas duas parcelas experimentais, os sensores de radiação solar global, refletida e difusa (piranômetros), o saldo de radiação (saldo radiômetro), a temperatura e a umidade relativa do ar (resistivo-capacitivo), a temperatura e a umidade do solo (termistor) e o fluxo de calor no solo (fluxímetro), com varredura a cada 5 segundos, e saída média dos dados à cada 5 minutos para um módulo externo de memória modelo SM192, acoplado ao "Micrologger 21X". Diariamente os dados eram descarregados do módulo de memória, via software PC208W e transferidos para um microcomputador via interface modelo SC532.

A confecção das curvas diárias partindo-se dos valores instantâneos de radiação solar global, difusa e refletida, do saldo de radiação e do fluxo de calor no solo em $W m^{-2}$, e a integralização dos seus valores ao longo do dia em $MJ m^{-2}$, para o cultivo protegido e de campo, foi realizada por intermédio de um programa elaborado em ambiente Microcal Origin™ (Cunha, 2001).

3.10.2 Transmissibilidade do polietileno difusor de luz

A transmissibilidade para a cobertura de polietileno de baixa densidade difusor de luz (T) foi calculada conforme a expressão:

$$T = \frac{R_{gpt}}{R_{gca}} 100 \quad (3)$$

onde: T é a transmissibilidade em %; R_{gpt} a radiação solar global transmitida para o ambiente protegido em $W m^{-2}$; e R_{gca} a radiação solar global incidente no cultivo de campo em $W m^{-2}$.

3.10.3 Coeficiente de reflexão

O coeficiente de reflexão (r) é a razão entre a radiação solar refletida e a incidente sobre uma superfície em estudo, e foi determinado através da expressão:

$$r = \frac{R_r}{R_g} 100 \quad (4)$$

onde: r é o coeficiente de reflexão da superfície em %; R_r a radiação solar refletida pela superfície em $W m^{-2}$; e R_g a radiação solar global em $W m^{-2}$.

3.10.4 Balanço de ondas curtas e longas

A parcela de (R_g) absorvida pela superfície de um sistema é denominada balanço de radiação de ondas curtas (BOC), conforme a expressão:

$$BOC = R_g - R_r \quad (5)$$

onde: BOC é o balanço de radiação de ondas curtas em $W m^{-2}$; R_g a radiação solar global em $W m^{-2}$; R_r a radiação solar refletida em $W m^{-2}$.

O balanço de ondas longas foi obtido através da expressão:

$$BOL = BOC - Rn \quad (6)$$

onde: *BOL* é o balanço de ondas longas em $W m^{-2}$; *BOC* o balanço de ondas curtas em $W m^{-2}$; e *Rn* o saldo de radiação em $W m^{-2}$.

3.10.5 Temperatura e umidade relativa do ar

Foram instalados sensores modelo HMP45C (Vaisala), nos cultivos protegido e campo, para fornecer as medidas de temperatura do ar em °C e de umidade relativa do ar em %, a 2 metros de altura da superfície do canteiro. Esses sensores realizaram o monitoramento do interior de um abrigo para evitar chuva e radiação direta sobre os mesmos.

3.10.6 Temperatura do solo

O monitoramento da temperatura do solo foi feito por 4 sensores do modelo 107 (Campbell Scientific, Inc., 1984-96) instalados a 0,1 e 0,2 m de profundidade, sendo que dois foram instalados em cultivo protegido e dois em campo, para obtenção de medidas em °C.

3.11 Correlações

As correlações entre os valores diários dos elementos meteorológicos ao longo do ciclo da cultura, foram estabelecidas através de regressão linear simples relacionando-se a radiação solar global (R_{gpt} e R_g), radiação refletida (R_{rpt} e R_r), fração difusa (K_{dpt} e K_d), balanço de ondas curtas e radiação global (BOC_{pt} e R_g), saldo de

radiação e radiação global (R_{npt} e R_g), para as condições de cultivo protegido (pt) e de campo (ca).

3.12 Índices

Foram estabelecidos índices, os quais representam a razão entre os valores observados nas condições de cultivo protegido e de campo, com o objetivo de minimizar o efeito da sazonalidade e avaliar as alterações causadas pelo material de cobertura utilizado neste experimento, o polietileno de 150 μm difusor (P150d), comparando com os resultados obtidos por Cunha (2001) em um experimento conduzido no ano anterior, com cobertura de polietileno de 120 μm (P120). Esses dois experimentos utilizaram a mesma metodologia, com início do ciclo da cultura em 20/04 e encerramento em 02/11, nos anos de 2000 (P150d) e 1999 (P120). Determinou-se os seguintes índices: radiação solar global (R_{gpt}/R_{gca}), refletida (R_{rpt}/R_{rca}) e difusa (R_{dpt}/R_{dca}), fração difusa (K_{dpt}/K_{dca}), saldo de radiação (R_{npt}/R_{nca}), fluxo de calor no solo (G_{pt}/G_{ca}), coeficiente de reflexão (r_{pt}/r_{ca}), temperaturas do ar mínima (T_{MINpt}/T_{MINca}), máxima (T_{MAXpt}/T_{MAXca}) e média (T_{MEDpt}/T_{MEDca}), umidades relativas do ar mínima (UR_{MINpt}/UR_{MINca}), máxima (UR_{MAXpt}/UR_{MAXca}) e média (UR_{MEDpt}/UR_{MEDca}), temperatura do solo a 0,10m de profundidade (TS_{10pt}/TS_{10ca}), temperatura do solo a 0,20m de profundidade (TS_{20pt}/TS_{20ca}), e produtividade de frutos (P_{pt}/P_{ca}).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Radiação solar global

A Figura 5 apresenta a variação da radiação solar global (Rg) ao longo do ciclo da cultura de pimentão para as condições de cultivo protegido com cobertura de polietileno difusor de luz espessura de 150 μ m (P150d) e de campo. Os valores integrados das energias diárias totalizaram no cultivo protegido 2.307,79 MJ m⁻² e no de campo 3.237,50 MJ m⁻². Observa-se que para as condições de cultivo protegido, os valores de radiação global tendem a ser menores que a campo, devido à absorção e reflexão de uma fração da radiação direta pelo polietileno (Seeman, 1979; Tapia, 1981; Farias, 1993b).

Observa-se ainda na Figura 5 que os valores de radiação global tendem a um mínimo entre o final de junho e o início de julho, elevando-se após este período, comprovando que no solstício de inverno (21 de junho), ocorrem os mínimos de energia para essa latitude. Em condições de baixa energia (dias nublados), como exemplo, dias 23/07, 03/08, 17/08 e 27/08 entre outros, os valores de radiação global nos cultivos protegido e de campo foram bem próximos, pois a elevada nebulosidade nesses dias causou a diminuição na

quantidade de radiação global em ambos os cultivos, concordando com os resultados obtidos por Frisina (1998), Braga (2000), Cunha (2001) e Galvani (2001).

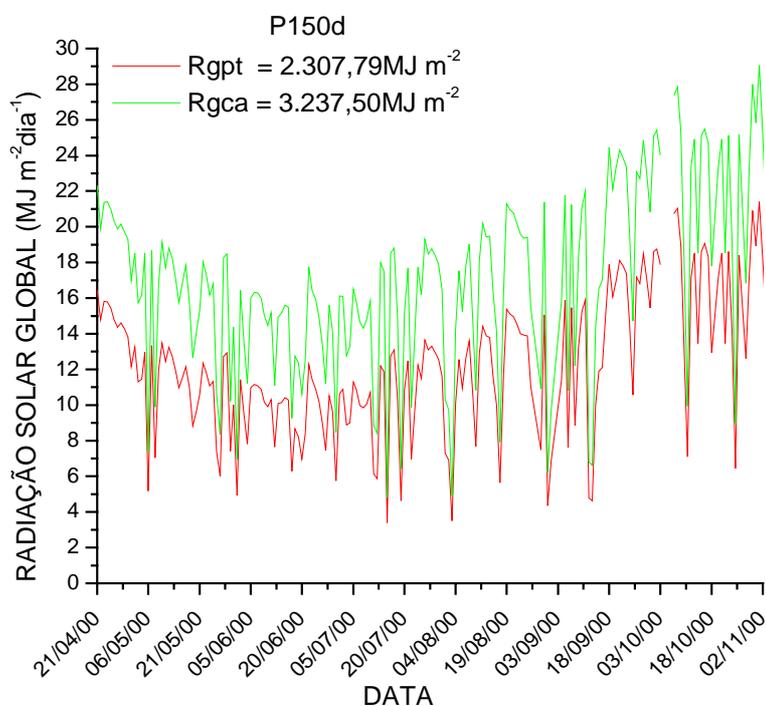


Figura 5 - Radiação solar global ao longo do ciclo da cultura de pimentão nas condições de cultivo protegido (pt) e de campo (ca).

Análise de regressão linear simples foi aplicada aos valores de radiação solar global em condição de ambiente protegido (Rgpt), tendo como variável independente a radiação solar global a campo (Rgca), conforme mostra a Figura 6.

Baseando-se na equação de regressão $y = 0,717x$, apresentada na Figura 6, conclui-se que a transmissibilidade do P150d foi de 71,7% e, com coeficiente de determinação de 0,9931 (R^2).

Esses resultados são semelhantes aos relatados por Cunha (2001) para o P120, com uma atenuação 29,95% da radiação incidente a campo e, um R^2 de 0,978.

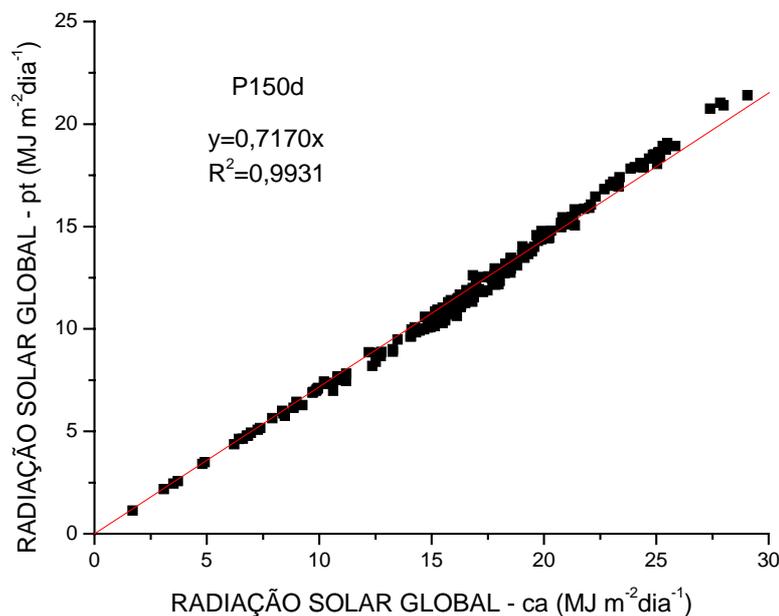


Figura 6 – Correlação entre a radiação solar global em condição de cultivo protegido (Rgpt) e radiação solar global a campo (Rgca).

4.2 Transmissibilidade

A Figura 7 mostra a transmissibilidade da cobertura de P150d ao longo do ciclo da cultura de pimentão. Observa-se que a curva da transmissibilidade apresenta uma tendência semelhante à da radiação solar global ao longo do ciclo (Figura 5), evidenciando sua dependência pela declinação solar, durante o período de determinação.

Os valores de transmissibilidade para o P150d ao longo do ciclo variaram de 65,61 % a 75,76 %, com média de 70,86%, conforme a Figura 7. Essa média é superior ao valor obtido por Cunha (2001) para o P120, o qual, foi de 68,81%. Esses resultados são semelhantes aos relatados por Alpi & Tognoni (1991), Fernandes (1996), Souza (1996) e Assis (1998).

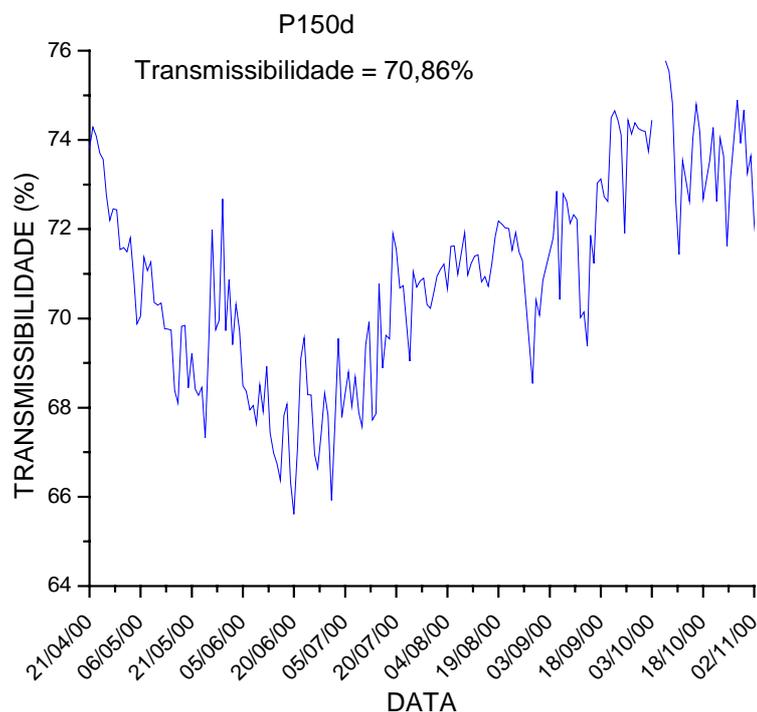


Figura 7 - Curva de transmissibilidade da cobertura de P150d ao longo do ciclo da cultura de pimentão.

Considerando-se que Galvani (2001) obteve para o P120 no primeiro ano de uso a transmissibilidade média de 72,85%, constata-se que a transmissibilidade do P120 apresentou uma redução de 4,04% após dois anos de utilização. Neville & Carrijo (1999), também observaram uma redução de 5% na transmissibilidade de uma cobertura de polietileno de 150 μ m, após dois anos de uso, enquanto Mastekbayeva & Kumar (2000), concluíram que a transmissibilidade de uma cobertura de polietileno sofreu decréscimo em função do número dias de exposição do material às condições ambientais e do acúmulo de fuligem sob o polietileno.

A Figura 8 mostra a transmissibilidade da cobertura de P150d à radiação solar global para os dias 20/08/00 (céu limpo) e 13/09/00 (céu nublado). Observa-se

que os valores de transmissibilidade para o dia 20/08/00 (céu limpo), foram mais homogêneos em relação aos obtidos no dia 13/09/00 (céu nublado), variando de 59,95% a 83,49%, com média diária de 75,37%. Observa-se ainda no dia 20/08/00, maiores valores de transmissibilidade após a aurora e nas últimas horas de incidência da radiação solar. Isto deve-se ao ângulo de incidência dos raios solares sobre a cobertura, uma vez que a localização predominante do ambiente protegido, encontra-se no sentido norte-sul. A ocorrência de menores valores de transmissibilidade no dia 20/08/00 sem a presença de nuvens, é devido ao efeito do sombreamento da estrutura metálica do ambiente protegido sobre o piranômetro instalado no seu interior, pois segundo Stanhill (1966), a redução da intensidade da radiação solar global no interior de uma estufa pode variar de 14% a 36%, em função da sua estrutura de cobertura.

Em média, 65,92% da radiação solar global incidente externamente no dia 13/09/00 (céu nublado), foi transmitida pelo P150, variando este percentual de 20,73% a 97,11%, conforme a Figura 8. Nesse dia, os valores de transmissibilidade foram muito variáveis devido às mudanças nas condições de cobertura do céu.

Os resultados obtidos corroboram as afirmações de Robledo de Pedro & Martin (1988), Tuller & Peterson (1988), Mills et al. (1990), Farias et al. (1993b), Camacho et al. (1995), Faria JR. (1997), Kai et al. (1999) e Galvani (2001), de que a transmissibilidade do material de cobertura do ambiente protegido à radiação solar, depende do ângulo de incidência dos raios solares, das condições atmosféricas no momento da determinação, da condensação nas paredes internas do plástico, do tempo de exposição do polietileno às condições ambientais e de deposição de poeiras, dentre outros fatores.

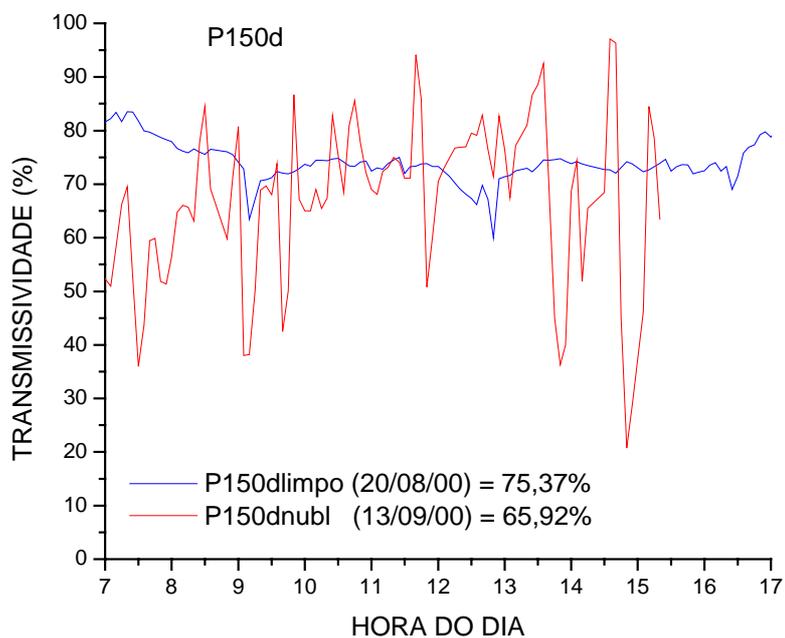


Figura 8 - Curvas de transmissibilidades instantâneas da cobertura de P150d para os dias 20/08/00 (céu limpo) e 13/09/00 (céu nublado).

4.3 Radiação solar refletida

A Figura 9 apresenta a variação da radiação refletida (R_r) ao longo do ciclo da cultura de pimentão, com valores integrados totais das energias diárias de $229,80 \text{ MJ m}^{-2}$ e de $391,65 \text{ MJ m}^{-2}$, para as condições de cultivo protegido e de campo, respectivamente. Observa-se que a radiação refletida apresenta padrões similares ao da radiação solar global (Figura 5), pois segundo Frisina (1998), na medida em que a energia da radiação global aumenta, a radiação refletida aumenta, ocorrendo o contrário quando R_g diminui.

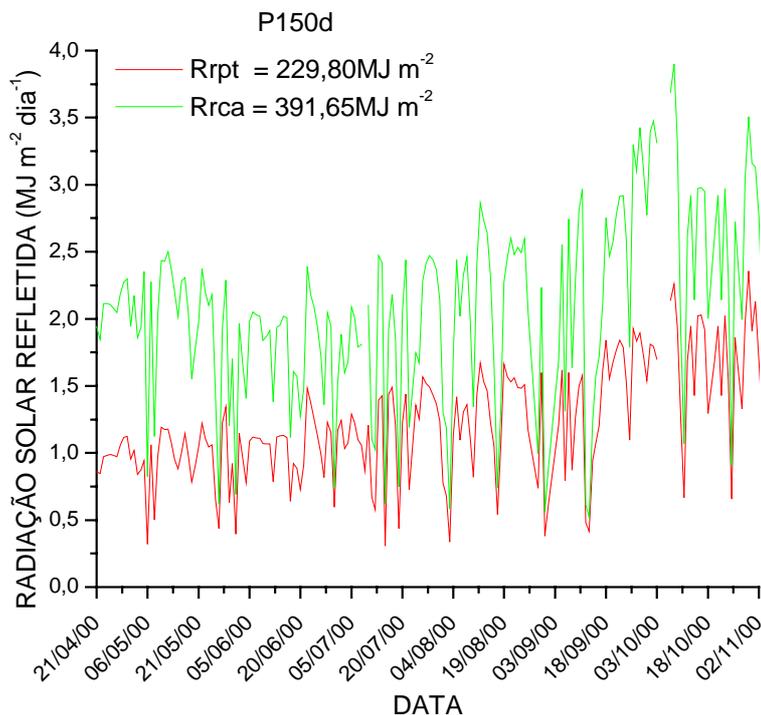


Figura 9 - Radiação solar refletida ao longo do ciclo da cultura de pimentão nas condições de cultivo protegido (pt) e de campo (ca).

Observa-se em geral, menores valores de radiação refletida em condição de ambiente protegido, conforme a Figura 9, o que está associado à atenuação da radiação solar pelo P150d e a maior fração difusa obtida nessa condição de cultivo, reduzindo a componente direta. Outro fator que contribuiu para a menor quantidade de radiação refletida em condição de cultivo protegido, foi a maior retenção de radiação pelo dossel vegetativo mais denso nessa condição de cultivo, devido à reflexão múltipla, uma vez que a cultura não formou um dossel homogêneo, pois segundo Monteith & Szeicz (1961) e Allen & Brown (1965), devido à variação observada na arquitetura e no adensamento das plantas, além dos arranjos foliares característicos da cada espécie vegetal, uma parte da radiação solar refletida é bloqueada por reflexão múltipla no dossel vegetativo.

Em condições de baixa energia (dias nublados), os valores integrados de R_r são inferiores a $1 \text{ MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$ para os dois cultivos, como exemplo, dias 23/07, 03/08, 17/08 e 27/08, entre outros (Figura 9). Nesses dias, foi reduzida a passagem da radiação de ondas curtas, proporcionando a atenuação do processo de reflexão da radiação solar pelo dossel da cultura, devido à elevada nebulosidade atmosférica, do mesmo modo como constatado por Cunha (2001) para o P120.

Os índices de radiação refletida (R_{rpt}/R_{rca}) para os polietilenos P150d e P120, foram de 0,59 e 0,68, respectivamente, conforme o Quadro 6, indicando que a radiação refletida em condição de ambiente protegido para o P150d e P120, correspondeu a 59% e 68%, respectivamente, da radiação refletida a campo. O menor valor desse índice para o P150d, está associado aos seus maiores valores do índice do IAF (índice de área foliar_{pt}/índice de área foliar_{ca}) e do índice de fração difusa ($(R_{dpt}/R_{gpt})/(R_{dca}/R_{gca})$), em relação ao P120.

Análise de regressão linear simples foi aplicada aos valores de radiação refletida em condição de ambiente protegido (R_{rpt}), tendo como variável independente a radiação refletida a campo (R_{rca}), conforme mostra a Figura 10. Observa-se que a correlação entre R_{rpt} e R_{rca} apresentou um coeficiente de determinação de 0,8538, significando que a radiação refletida em condição de cultivo protegido foi explicada em 88,38% pela componente global externa.

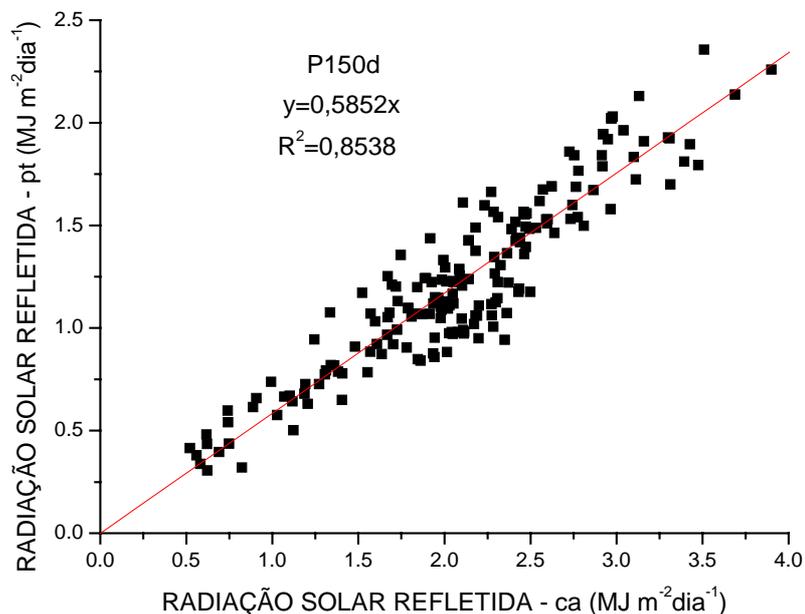


Figura 10 – Correlação entre a radiação solar refletida em condição de cultivo protegido (Rrpt) e a campo (Rrca).

4.4 Radiação solar difusa

A Figura 11 apresenta a variação da radiação solar difusa (R_d) ao longo do ciclo da cultura de pimentão para as condições de cultivo protegido e de campo. Os valores integrados das energias diárias totalizaram no cultivo protegido $1.370,97 \text{ MJ m}^{-2}$ e no de campo $1.055,26 \text{ MJ m}^{-2}$, demonstrando o efeito do aumento de R_d pelo P150d, com valores mais homogêneos em condição de cultivo protegido, ao contrário do observado a campo.

O índice de radiação difusa (R_{dpt}/R_{dca}) foi de 1,30 para a cobertura de P150d, enquanto Cunha (2001) obteve um valor de 1,07 para o P120, conforme o Quadro 6, indicando que a radiação difusa em condição de ambiente protegido para o P150d e P120, correspondeu a 130% e 107%, respectivamente, da radiação difusa a campo, evidenciando o maior poder difusor exercido pelo P150d sobre a radiação solar global, em relação ao P120.

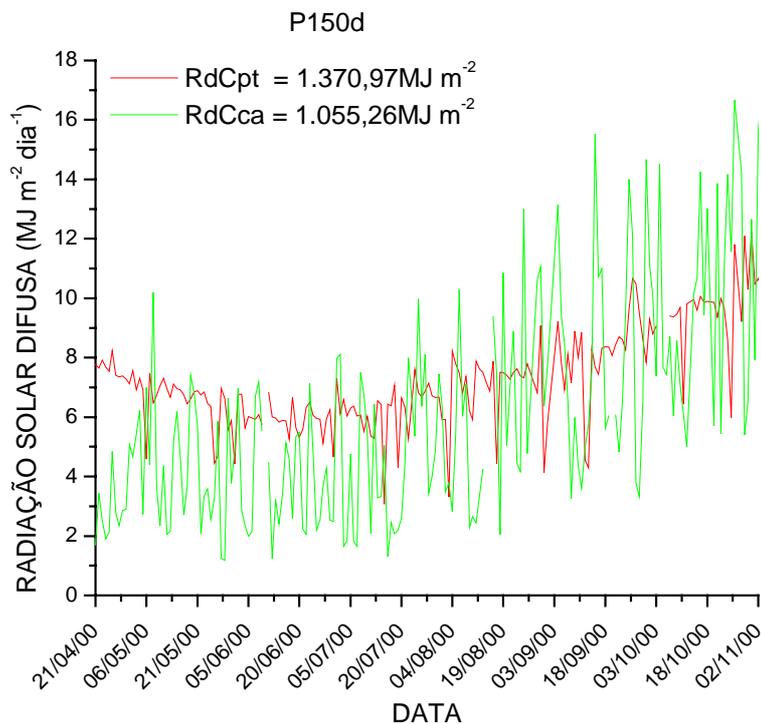


Figura 11 - Radiação solar difusa ao longo do ciclo da cultura de pimentão nas condições de cultivo protegido (pt) e de campo (ca).

A Figura 12 mostra a variação da fração difusa (R_d/R_g) ao longo do ciclo da cultura de pimentão, com médias de 59,41% e 32,59 %, respectivamente, para as condições de cultivo protegido (pt) e de campo (ca).

Constata-se na Figura 12 um acréscimo de 26,82% no valor da fração difusa determinada em condição de cultivo protegido (R_{dpt}/R_{gpt}) em relação a campo (R_{dca}/R_{gca}). Esse valor é mais elevado do que o obtido por Cunha (2001) para o P120, que observou um acréscimo de 16,74% na fração difusa em condição de cultivo protegido, em relação a campo, denotando um maior efeito difusor da cobertura de P150d em relação à cobertura de P120. Maiores valores de fração difusa no interior de ambientes protegidos por

PEBD, justifica-se pelo fato deste material atuar como meio dispersante da radiação solar global aumentando a fração difusa (Farias et al. 1993b), sendo que este efeito difusivo da cobertura de polietileno permite uma melhor penetração de radiação na comunidade vegetal, por ser multidirecional (Martinez Garcia, 1986). Esses valores mais elevados de fração difusa em condição de ambiente protegido, torna-se satisfatório para as culturas, devido a maior contribuição da radiação fotossinteticamente ativa (PAR) na componente difusa, cerca de 60% (Souza & 1996), enquanto Gomes et al. (1999) estimaram em Botucatu, SP, para razão entre a PAR direta e a componente direta de ondas curtas, percentuais de 40,2% e 39,8%, nas equipartições instantânea e diária, respectivamente. Segundo França et al. (1997), a quantidade total de radiação fotossinteticamente ativa (PAR) absorvida é o principal determinante da taxa de crescimento e da produtividade das culturas.

Os valores da fração difusa nas condições de cultivo protegido com cobertura de P150d, P120 e de campo, para dias de céu limpo, nublado e ao longo do ciclo da cultura de pimentão são apresentados no Quadro 5. Observa-se que no dia de céu limpo (20/08/00) a fração difusa em condição de ambiente protegido com cobertura de P150d foi de 0,49 e de 0,11 a campo. Nota-se que foram encontrados nos dias de céu limpo maiores valores da fração difusa no cultivo protegido, tanto para o P150d como para o P120, pois segundo Ricieri (1995) e Galvani (2001), nesses dias, os valores da fração difusa em ambiente protegido tendem a ser percentualmente maiores que àqueles obtidos a campo, devido à difusão do polietileno a componente direta.

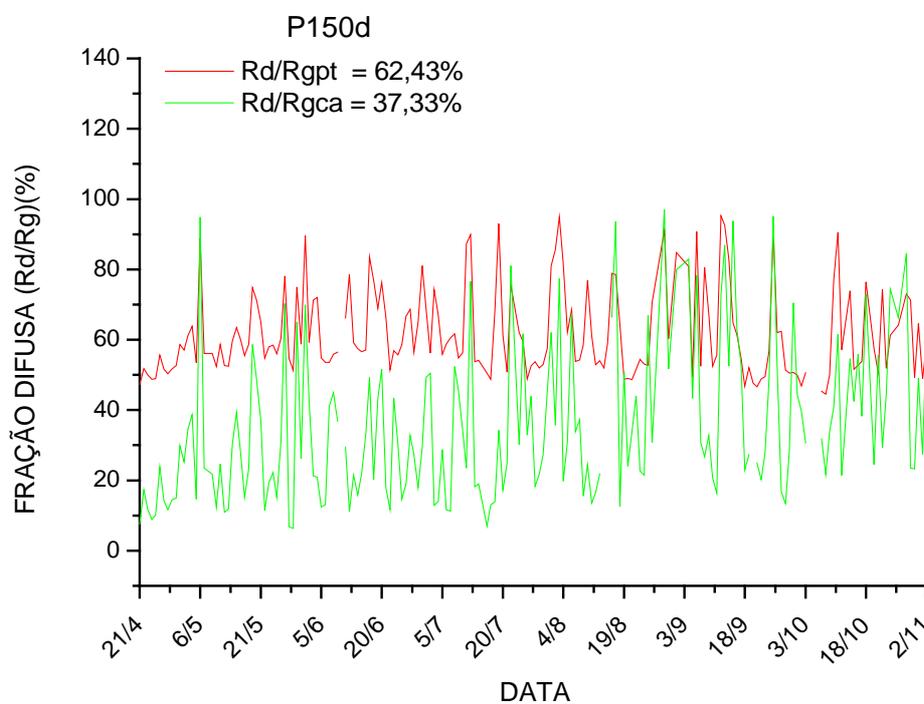


Figura 12 - Fração difusa (Rd/Rg) ao longo do ciclo da cultura de pimentão nas condições de cultivo protegido (pt) e de campo (ca).

Quadro 5 - Fração difusa nas condições de cultivo protegido com cobertura de P150d e P120 (Rdpt/Rgpt) e de campo (Rdca/Rgca), para dias de céu limpo, nublado e ao longo do ciclo da cultura de pimentão.

Tipo de Cobertura	Rdpt/Rgpt		Rdca/Rgca		Rdpt/Rgpt
	Limpo	Nublado	Limpo	Nublado	
P150d	0,49 ⁽¹⁾	0,92 ⁽²⁾	0,11 ⁽¹⁾	0,95 ⁽²⁾	0,62
P120	0,27 ⁽³⁾	0,91 ⁽⁴⁾	0,07 ⁽³⁾	1,00 ⁽⁴⁾	0,52

20/08/00⁽¹⁾; 13/09/00⁽²⁾; 09/10/99⁽³⁾; 17/10/99⁽⁴⁾

Ainda no Quadro 5, observa-se que para o dia nublado (13/09/00) o valor da fração difusa foi de 0,92 para o cultivo protegido com cobertura de P150d e de 0,95 a campo. Para os dois dias nublados, foram obtidos maiores valores da fração difusa a campo, pois nesses dias, devido ao baixo percentual de radiação direta em condições de campo, a radiação difusa no interior do ambiente protegido deve-se apenas a transmissibilidade do polietileno à radiação solar, tendendo a ser menor do que em condição de campo (Farias et al., 1993b; Camacho et al., 1995).

A fração difusa ao longo do ciclo em condição de ambiente protegido para o P150d foi de 0,62, enquanto Cunha (2001) obteve para o P120 um valor de 0,52, conforme o Quadro 5, indicando que a radiação difusa para o P150d e P120, correspondeu a 62% e 52%, respectivamente, da radiação global incidente no interior do ambiente protegido, denotando uma maior difusividade do P150d em relação ao P120.

A Figura 13 apresenta a relação através de regressão linear entre a fração difusa em condição de ambiente protegido ($K_{dpt} = R_{dpt}/R_{gpt}$) e a fração difusa a campo ($K_{dca} = R_{dca}/R_{gca}$). A relação entre os valores de K_{dpt} e K_{dca} ficou bem explicada, apresentando um coeficiente de determinação (R^2) de 0,92.

4.5 Balanço de radiação

A Figura 14 apresenta a variação do balanço de ondas curtas (BOC) ao longo do ciclo da cultura de pimentão, onde observa-se valores integrados totais de $2.077,99 \text{ MJ m}^{-2}$ e de $2.836,51 \text{ MJ m}^{-2}$, para as condições de cultivo protegido e de campo, respectivamente. Em termos médios, o BOC representou $10,65 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}$ e $14,54 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, para as condições de cultivo protegido e de campo, respectivamente.

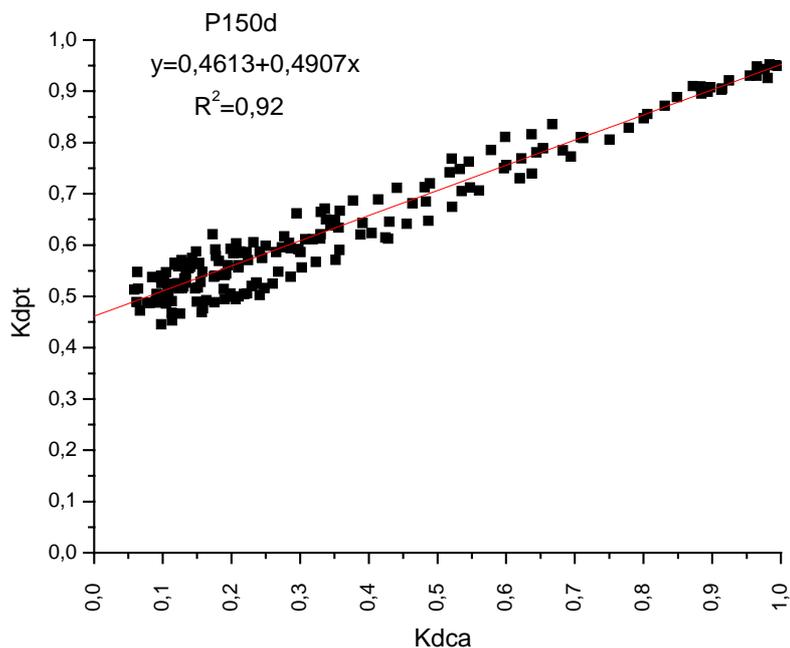


Figura 13 - Correlação entre a fração difusa em condição de ambiente protegido (Kdpt) e fração difusa a campo (Kdca).

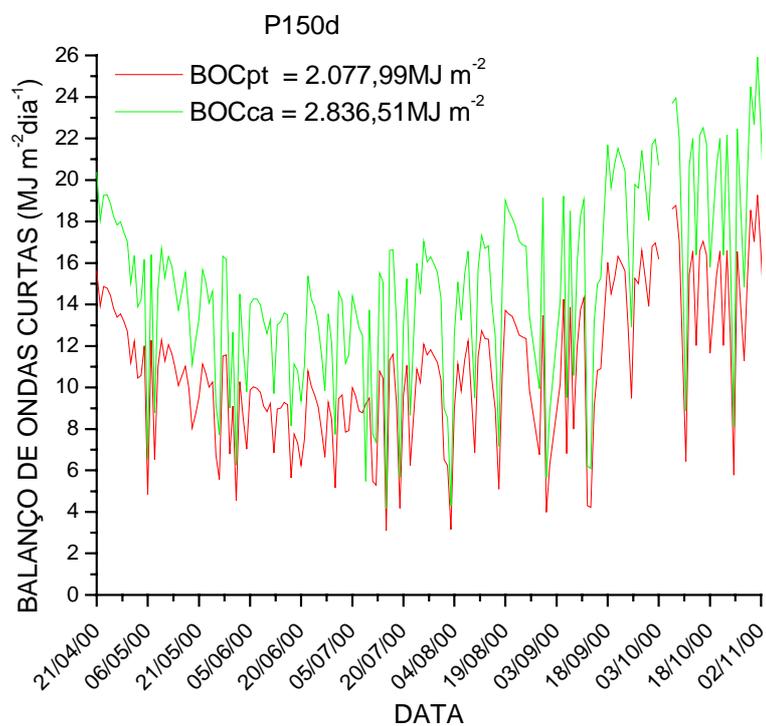


Figura 14 – Balanço de ondas curtas (BOC) ao longo do ciclo da cultura de pimentão nas condições de cultivo protegido (pt) e de campo (ca).

Os índices do balanço de ondas curtas (BOC_{pt}/BOC_{ca}) foram de 0,73 e 0,69, para o P150d e P120, respectivamente, conforme o Quadro 6, indicando que o balanço de ondas curtas em condição de ambiente protegido para o P150d e P120, correspondeu a 73% e 69%, respectivamente, do BOC a campo. O maior índice do BOC para o P150d, está associado ao seu maior índice da radiação global (R_{gpt}/R_{gca}) e, ao seu menor índice da radiação refletida (R_{rpt}/R_{rca}), em relação ao P120.

A Figura 15 mostra a relação através de regressão linear entre o balanço de ondas curtas em condição de cultivo protegido (BOC_{pt}) com a componente global a campo (R_{gca}), constatando-se excelente relação entre BOC_{pt} e R_{gca}, com coeficiente de determinação de 0,9894 (R^2).

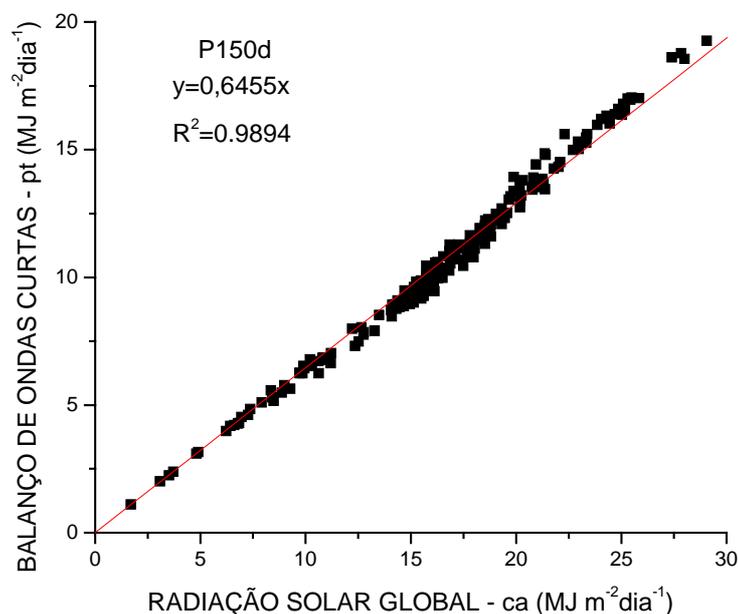


Figura 15 – Correlação entre o balanço de ondas curtas em condição de cultivo protegido (BOC_{pt}) e radiação solar global a campo (R_{gca}).

A Figura 16 mostra a variação do balanço de ondas longas (BOL) ao longo do ciclo da cultura de pimentão, com valores integrados totais de $643,19 \text{ MJ m}^{-2}$ e de $1.182,02 \text{ MJ m}^{-2}$, para as condições de cultivo protegido e de campo, respectivamente. As médias ao longo do ciclo foram de $3,28 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ e $6,03 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, para as condições cultivo protegido e de campo, respectivamente.

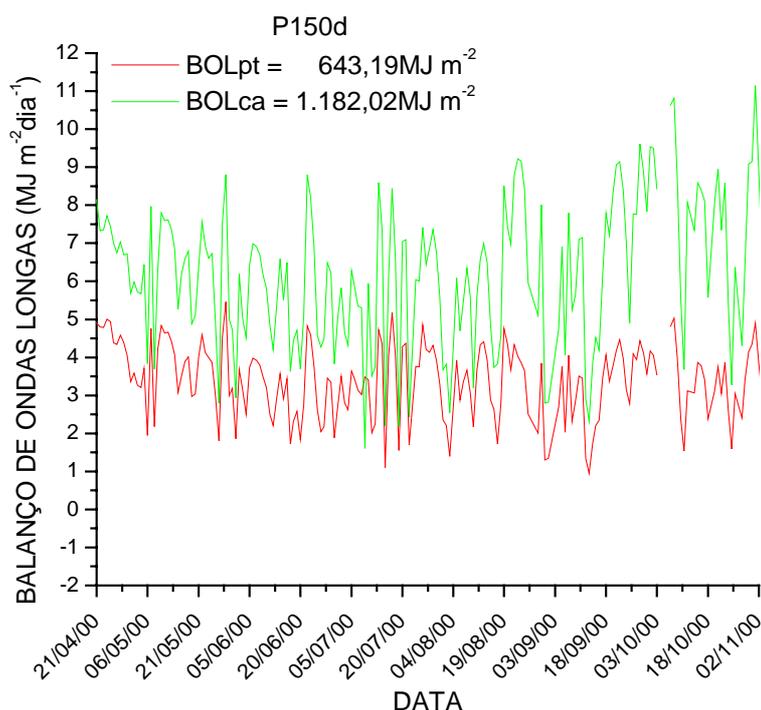


Figura 16 – Balanço de ondas longas (BOL) ao longo do ciclo da cultura de pimentão nas condições de cultivo protegido (pt) e de campo (ca).

Observa-se na Figura 16 que em condição de cultivo protegido os valores do BOL tendem a ser menores que a campo, evidenciando o efeito da cobertura de polietileno na emissão efetiva da superfície. Os maiores valores do BOL observados ao longo do ciclo no cultivo de campo, indicam que nessa condição ocorreram maiores perdas de

energia do sistema para a atmosfera, do mesmo como constatado por Frisina (1998), Cunha (2001) e Galvani (2001).

A disponibilidade de radiação solar global exerce influência sobre os valores do balanço de ondas longas, pois em condições de baixa energia (dias nublados), observa-se uma diminuição nos valores obtidos a campo, aproximando-os dos valores em condição de ambiente protegido, conforme a Figura 16, confirmando os resultados obtidos por Cunha (2001) e Galvani (2001).

A Figura 17 apresenta a variação do saldo de radiação (R_n) ao longo do ciclo da cultura de pimentão, com valores integrados totais de $1.434,80\text{MJ m}^{-2}$ e de $1.654,49\text{MJ m}^{-2}$, para as condições de cultivo protegido e de campo, respectivamente, com médias ao longo do ciclo de $7,36\text{MJ m}^{-2}\text{ dia}^{-1}$ e $8,48\text{MJ m}^{-2}\text{ dia}^{-1}$, para as condições de cultivo protegido e de campo, respectivamente. Observa-se que os valores de R_n tendem a um valor mínimo entre o final de junho e o início de julho, elevando-se após este período, comprovando que no solstício de inverno (21 de junho), ocorrem os mínimos de energia para essa latitude.

Em condição de ambiente protegido o saldo de radiação (R_n) ao longo do ciclo da cultura, representou em média 62,17% da radiação global interna, enquanto em condição de campo esta razão foi de 51,11% da radiação global externa. Segundo Galvani (2001), essa diferença de 11,06% entre os valores das razões (R_{npt}/R_{gpt}) e (R_{nca}/R_{gca}), deve-se à contra-irradiação da cobertura de polietileno às radiações refletida e emitida pelo sistema solo-planta, proporcionando um acréscimo no valor medido da componente global. Cunha (2001) obteve para o P120, valores de 0,66 e 0,61 para as razões (R_{npt}/R_{gpt}) e (R_{nca}/R_{gca}), respectivamente, enquanto Frisina (1998) encontrou para a cultura

de alface em ambiente protegido com cobertura de PEBD de 100 μ m, saldo de radiação da ordem de 69,36% e 59,96% da radiação global, em condição interna e externa, respectivamente.

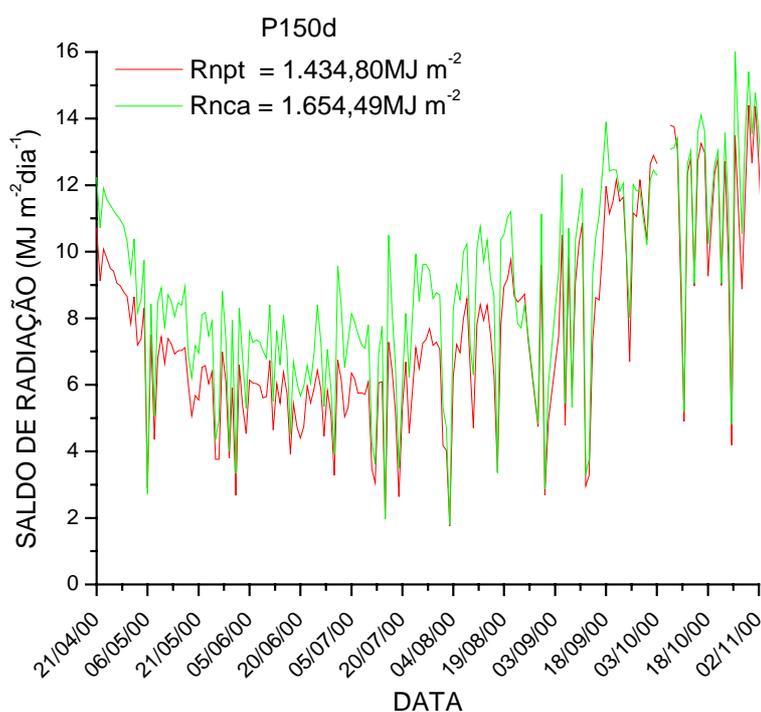


Figura 17 - Saldo de radiação (Rn) ao longo do ciclo da cultura de pimentão nas condições de cultivo protegido (pt) e de campo (ca).

O índice do saldo de radiação (R_{npt}/R_{nca}) para o P150d foi de 0,87, enquanto Cunha (2001) obteve para o P120 um valor de 0,77, conforme o Quadro 6, indicando que o saldo de radiação em condição de ambiente protegido para o P150d e P120, correspondeu a 87% e 77%, respectivamente, do saldo de radiação a campo. O maior valor desse índice para o P150d, está associado ao seu maior índice do BOC, em relação ao P120, uma vez que os polietilenos P150d e P120, apresentaram valores iguais para o índice do balanço de ondas longas (BOL_{pt}/BOL_{ca}).

Através de regressão linear relacionou-se os valores diários integrados do saldo de radiação em condição de cultivo protegido (Rnpt) em função da radiação solar global a campo (Rgca), conforme apresenta a Figura 18.

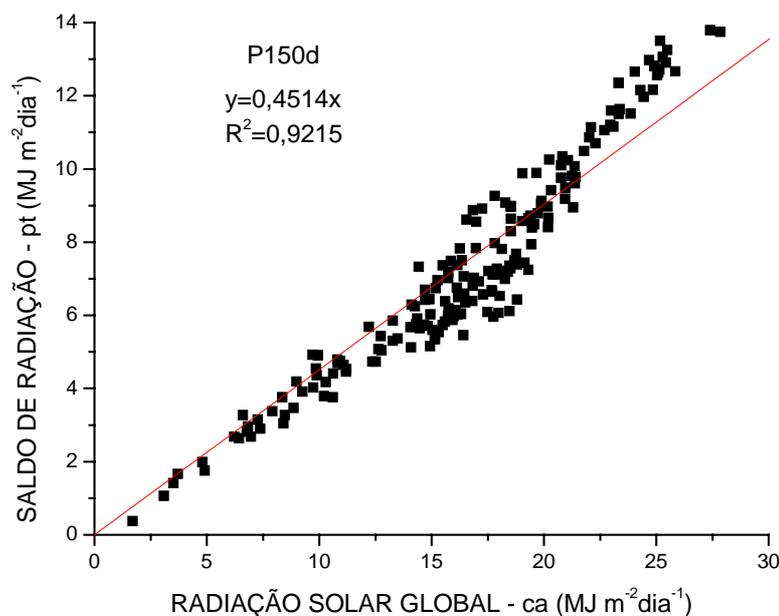


Figura 18 – Correlação entre o saldo de radiação em condição de cultivo protegido (Rnpt) e radiação solar global a campo (Rgca).

Observa-se na Figura 18 que a correlação Rnpt e Rgca apresentou um bom ajustamento com coeficiente de determinação (R^2) de 0,9215. Esses resultados são similares aos relatados por Cunha (2001) em relação o P120, para a correlação Rnpt e Rgca, com coeficiente de determinação de 0,961.

4.6 Fluxo de calor no solo

A Figura 19 apresenta a variação do fluxo de calor no solo (G) ao longo do ciclo da cultura de pimentão para as condições de cultivo protegido e de campo. Os valores integrados das energias diárias totalizaram no cultivo protegido $-6,58 \text{ MJ m}^{-2}$ e no de campo $139,74 \text{ MJ m}^{-2}$,

representando um fluxo de energia do sistema para o interior do solo (valores negativos) em condição de ambiente protegido, enquanto que em condição de campo representou um fluxo de calor no sentido do solo para o sistema (valores positivos).

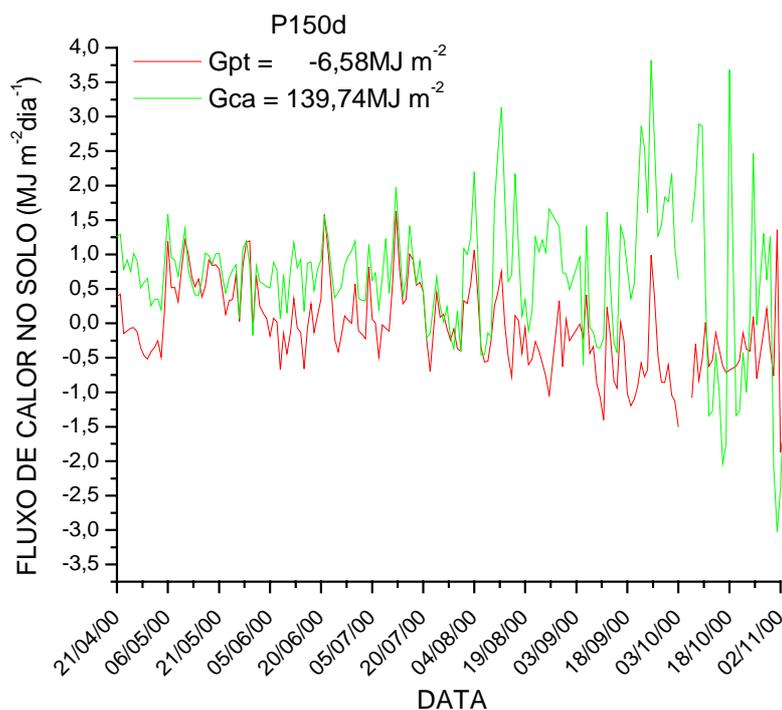


Figura 19 - Fluxo de calor no solo (G) ao longo do ciclo da cultura de pimentão nas condições de cultivo protegido (pt) e de campo (ca).

Observa-se na Figura 19 menores valores de G em condição de ambiente protegido, o que está associado à característica do polietileno de diminuir a radiação solar global, reduzindo a quantidade de energia disponível na superfície do solo no período diurno. A menor variação observada nos valores de G no interior do ambiente protegido, deve-se à contra-irradiação exercida pelo P150d, que reduz as perdas de energia de ondas longas, tornando os valores de G mais estáveis ao longo do ciclo da cultura, constatando-se ainda uma tendência de decréscimo desses valores no interior do ambiente protegido, o que é

justificado pelo sombreamento do solo causado pelo dossel mais denso da cultura nessa condição, conforme a Figura 30 (c), diminuindo os níveis de radiação na superfície e, conseqüentemente os valores do fluxo de calor no solo. Resultados semelhantes foram obtidos por Souza (1996), Cunha (2001) e Galvani et al. (1999).

4.7 Coeficiente de reflexão

A Figura 20 mostra a variação do coeficiente de reflexão (r) ao longo do ciclo da cultura de pimentão, com valores médios de 9,88% e 12,04%, para as condições de cultivo protegido e de campo, respectivamente. Observa-se que em condição de ambiente protegido, os valores de r tendem a ser menores que a campo, o que justifica-se pela maior fração difusa obtida em condição de ambiente protegido em relação a campo, uma vez que a componente direta tem uma maior contribuição na fração da radiação solar que é refletida pelo sistema solo-planta. Outro fator que contribuiu para o menor coeficiente de reflexão apresentado em condição de ambiente protegido, foi a maior retenção de radiação no dossel vegetativo mais denso nessa condição de cultivo, devido à reflexão múltipla, considerando-se que a cultura não formou um dossel homogêneo.

Ainda na Figura 20, observa-se no início do ciclo baixos valores do coeficiente de reflexão nas duas condições de cultivo, pois neste período, o substrato dominante na reflexão era o solo, pois Segundo Monteith & Szeicz (1961) para culturas agrícolas em crescimento, com altura entre 50 a 100cm, o coeficiente de reflexão está entre 18% e 25%, e quando a cobertura do solo é incompleta, esse valor pode chegar a 10%.

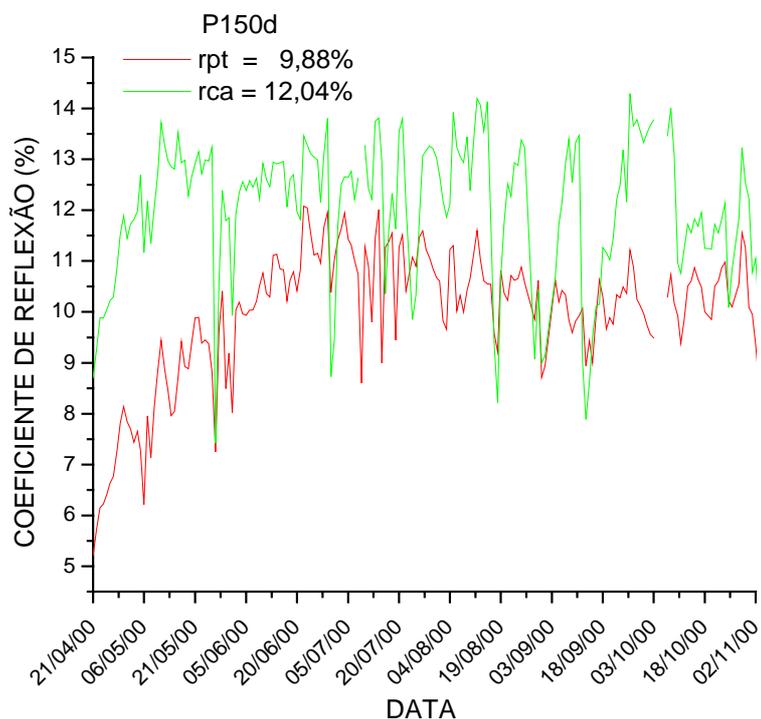


Figura 20 – Coeficiente de reflexão ao longo do ciclo da cultura de pimentão nas condições de cultivo protegido (pt) e de campo (ca).

O Quadro 6 apresenta os valores de radiação solar global (R_g), radiação refletida (R_r), radiação difusa (R_d), fração difusa (K_d), balanço de ondas curtas (BOC), balanço de ondas longas (BOL), saldo de radiação (R_n), coeficiente de reflexão (r), fluxo de calor no solo (G), nas condições de cultivo protegido e de campo, com seus respectivos índices para as coberturas de P150d e P120, referentes ao ciclo da cultura de pimentão.

Quadro 6 - Valores de radiação solar global (Rg), radiação refletida (Rr), radiação difusa (Rd), fração difusa (Kd=Rd/Rg), balanço de ondas curtas (BOC), balanço de ondas longas (BOL), saldo de radiação (Rn), coeficiente de reflexão (r), fluxo de calor no solo (G), índice de área foliar (IAF), nas condições de cultivo protegido e de campo, com seus respectivos índices para as coberturas de P150d e P120, referentes ao ciclo da cultura de pimentão.

Parâmetro	P150d		Índice P150d	P120		Índice P120
	Protegido	Campo		Protegido	Campo	
Rg (MJ.m ⁻²)	2.307,79	3.237,50	0,71	2.155,68	3.106,31	0,69
Rr (MJ.m ⁻²)	229,80	391,65	0,59	297,45	434,16	0,68
Rd (MJ.m ⁻²)	1.370,97	1.055,26	1,30	1.019,91	949,65	1,07
Kd	0,59	0,33	1,79	0,47	0,31	1,52
BOC (MJ.m ⁻²)	2.077,99	2.836,51	0,73	1.858,23	2.672,15	0,69
BOL (MJ.m ⁻²)	643,19	1.182,02	0,54	431,62	791,61	0,54
Rn (MJ.m ⁻²)	1.434,80	1.654,49	0,87	1.441,18	1.879,33	0,77
r (%)	9,88	12,04	0,82	13,57	13,73	0,99
G (MJ.m ⁻²)	-6,58	139,74	0,05	30,54	118,91	0,26
IAF	3,36	1,44	2,33	2,84	1,43	1,99

4.8 Temperatura do ar

A Figura 21 mostra os valores mínimos diários de temperatura do ar ao longo do ciclo da cultura de pimentão nas condições de cultivo protegido e de campo, observando-se que os valores de temperatura mínima do ar foram bem próximos, com médias de 14,54°C e 14,61°C, para as condições de cultivo protegido e de campo, respectivamente, evidenciando a incapacidade do ambiente protegido em proporcionar um adequado armazenamento de calor, devido às perdas noturnas de energia pela cobertura de PEBD (Tapia, 1981; Mills et al. 1990; Alpi & Tognoni, 1991; Faria JR.,1994) e pelo sombrite instalado nas suas laterais, pois segundo Robledo de Pedro & Martin (1981) e Faria JR.

(1997), a vedação é um dos principais fatores responsáveis pela redução das perdas energéticas do interior da estufa para o ambiente externo. Esses resultados são coerentes com os alcançados por Camacho et al. (1995) que também observaram em Pelotas-RS, valores de temperatura mínima do ar no interior de estufa com cobertura de polietileno de 100 μ m, inferiores aos valores externos, durante o período de junho a meados da primavera. Em Botucatu, SP, Braga (2000) constatou que os valores das temperaturas mínimas do ar em ambientes protegidos com cobertura de PEBD de 150 μ m instalados nas direções norte-sul e leste-oeste foram inferiores aos valores externos, originando o fenômeno da inversão térmica (Baille & Brun, 1983; Herter & Reisser JR., 1987; Andriolo et al., 1989; Buriol et al., 1993b; Faria JR.,1997).

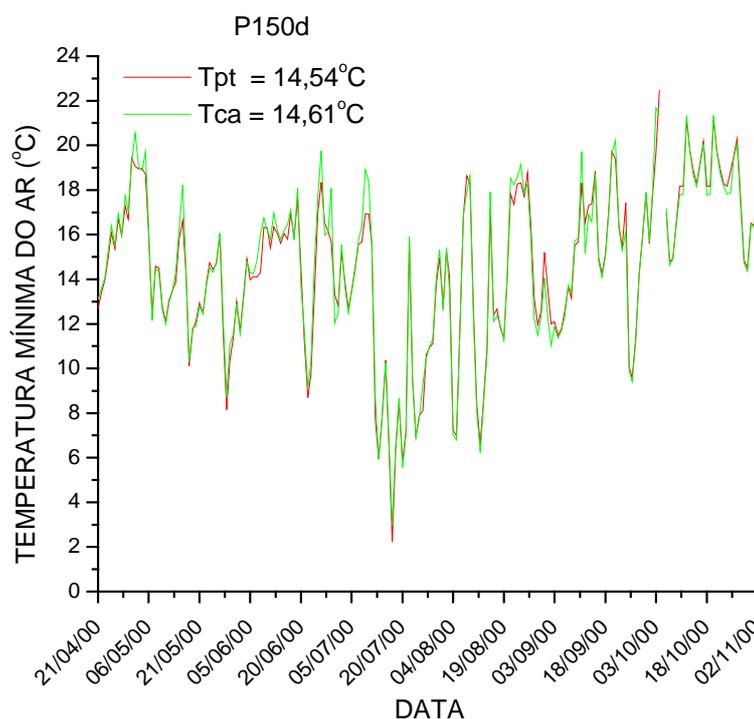


Figura 21 - Temperaturas mínimas do ar ao longo do ciclo da cultura de pimentão nas condições de cultivo protegido (pt) e de campo (ca).

Os índices da temperatura mínima do ar ($TMIN_{pt}/TMIN_{ca}$) foram de 0,99 e 1,01 para o P150d e P120, respectivamente, conforme o Quadro 7, indicando que a temperatura mínima do ar em condição de ambiente protegido para o P150d e P120, correspondeu a 99% e 101%, respectivamente, da temperatura mínima a campo, denotando que o ambiente protegido com cobertura de P150d, apresentou uma menor eficiência do ponto de vista térmico, em relação ao P120.

A Figura 22 mostra os valores máximos diários de temperatura do ar ao longo do ciclo da cultura de pimentão, com médias de $28,51^{\circ}\text{C}$ e $24,83^{\circ}\text{C}$, para as condições de cultivo protegido e de campo, respectivamente.

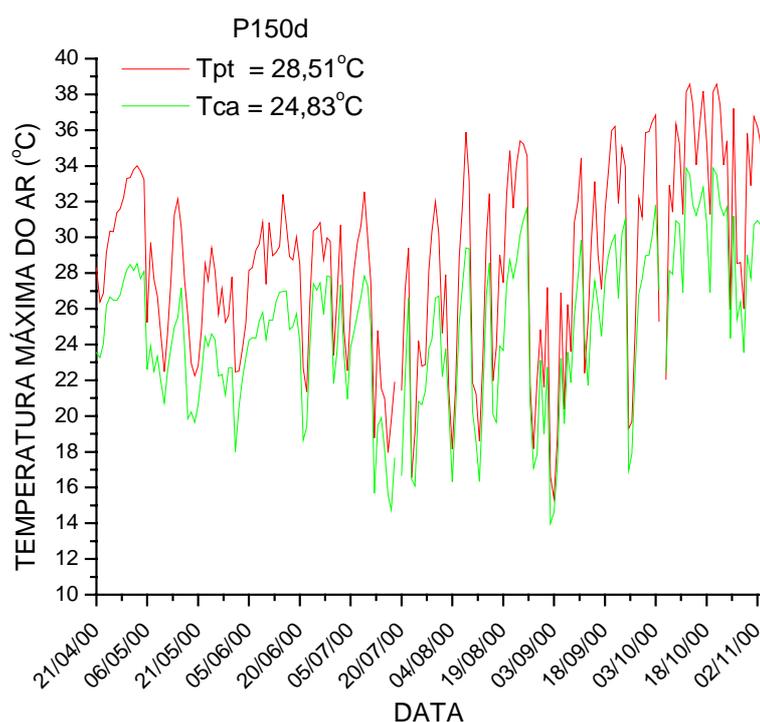


Figura 22 - Temperaturas máximas do ar ao longo do ciclo da cultura de pimentão nas condições de cultivo protegido (pt) e de campo (ca).

Observa-se na Figura 22 que os valores máximos de temperatura do ar, em geral, foram mais elevados em condição de ambiente protegido, demonstrando o efeito do P150d sobre as temperaturas máximas, tornando a média ao longo do ciclo $3,68^{\circ}\text{C}$ acima da verificada a campo, o que resultou em maiores amplitudes térmicas sob proteção plástica, uma vez que os valores de temperatura mínima do ar foram similares para as duas condições de cultivo, confirmando os resultados obtidos por Montero et al., 1985; Castilla et al., 1990; Mills et al., 1990; Buriol et al., 1993b; Faria JR., 1994; Camacho et al., 1995; Braga, 2000 e Cunha, 2001, que atribuem este fato à estreita relação da temperatura do ar com a quantidade de radiação solar incidente no interior do ambiente protegido durante o período diurno, ao menor volume de ar a ser aquecido no ambiente sob proteção plástica, à contenção dos movimentos convectivos pela cobertura de polietileno e a baixa velocidade do vento interna.

O índice da temperatura máxima do ar ($\text{TMAX}_{\text{pt}}/\text{TMAX}_{\text{ca}}$) determinado para o P150d foi de 1,15, enquanto Cunha (2001) obteve para o P120 um valor de 1,12, conforme o Quadro 7, indicando que a temperatura máxima em condição de ambiente protegido para o P150d e P120, correspondeu a 115% e 112%, respectivamente, da temperatura máxima a campo. O valor mais elevado deste índice para o P150d, está associado ao seu maior índice do balanço de ondas curtas ($\text{BOC}_{\text{pt}}/\text{BOC}_{\text{ca}}$) em relação ao P120, uma vez que foram obtidos valores iguais do índice do balanço de ondas longas para as duas coberturas de polietileno ($\text{BOL}_{\text{pt}}/\text{BOL}_{\text{ca}}$).

A Figura 23 mostra os valores diários de temperatura média do ar, com médias ao longo do ciclo de $20,24^{\circ}\text{C}$ e $19,25^{\circ}\text{C}$, para as condições de cultivo protegido e de campo, respectivamente. Nota-se que os valores diários foram bem próximos, com média ligeiramente mais elevada para a condição de ambiente protegido. Resultados semelhantes

foram obtidos por Herter & Reiser JR. (1987); Martins (1992); Fernandes (1996); Scatolini (1996); Faria JR. (1997); Cunha (2001) e Galvani (2001).

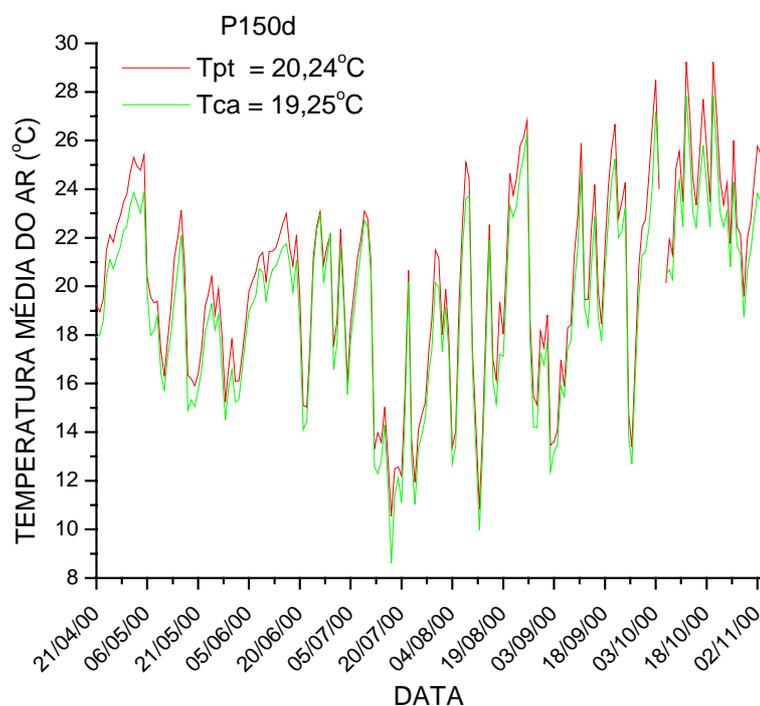


Figura 23 - Temperaturas médias do ar ao longo do ciclo da cultura de pimentão nas condições de cultivo protegido (pt) e de campo (ca).

O índice da temperatura média do ar ($TMED_{pt}/TMED_{ca}$), foi de 1,05 para o P150d, enquanto Cunha (2001) obteve um valor de 1,04 para o P120, conforme o Quadro 7, indicando que a temperatura média do ar em condição de ambiente protegido para o P150d e P120, correspondeu a 105% e 104%, respectivamente, da temperatura média a campo. O maior valor desse índice para o P150d, está associado ao seu maior índice do saldo de radiação (R_{npt}/R_{nca}), em relação ao P120.

4.9 Umidade relativa do ar

A Figura 24 apresenta os valores mínimos diários de umidade relativa do ar com médias ao longo do ciclo de 37,52% e 45,48%, para as condições de cultivo protegido e de campo, respectivamente.

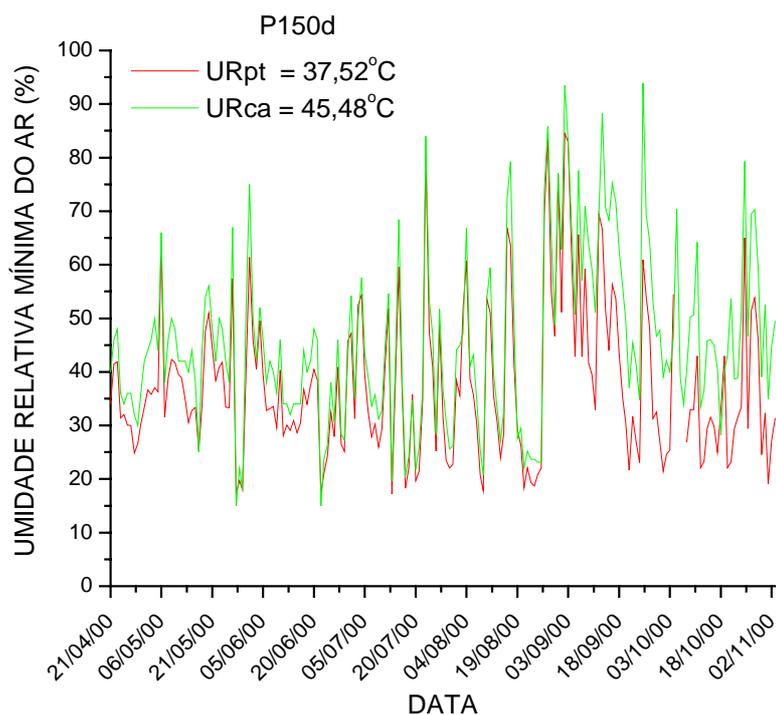


Figura 24 - Umidade relativa mínima do ar ao longo do ciclo da cultura de pimentão nas condições de cultivo protegido (pt) e de campo (ca).

Observa-se na Figura 24, em geral, menores valores de umidade relativa mínima do ar para a condição de ambiente protegido, fato que corrobora com os valores máximos de temperatura do ar mais elevados nessa condição de cultivo (Figura 22). Estes resultados estão de acordo com os observados por Farias (1993a) e Cunha (2001).

Ainda na Figura 24, observa-se um deslocamento das curvas de umidade relativa mínima do ar no dia 27/08/00, elevando-se os valores de umidade em ambos

os cultivos, devido à queda das temperaturas máximas do ar de 34,56°C (26/08/00) para 18,16°C (27/08/00) no ambiente protegido e, de 31,64°C (26/08/00) para 17,08°C (27/08/00) a campo, constatando-se ainda que esses valores de umidade apresentam tendência de decréscimo à partir 27 /08/00 e até o final do ciclo de cultivo, devido ao acréscimo observado nos valores de temperatura máxima do ar nesse mesmo período (Figura 22).

O índice da umidade relativa mínima do ar ($URMIN_{pt}/URMIN_{ca}$) foi de 0,84 para o P150d, enquanto Cunha (2001) obteve para o P120 um índice mais elevado, ou seja 0,91, conforme o Quadro 7, indicando que a umidade relativa mínima do ar em condição de ambiente protegido para o P150d e P120, correspondeu a 84% e 91%, respectivamente, da umidade relativa mínima a campo. O menor valor desse índice para o P150d, está associado ao seu maior índice da temperatura máxima do ar ($TMAX_{pt}/TMAX_{ca}$), em relação ao P120.

A Figura 25 mostra os valores máximos diários de umidade relativa do ar, com médias ao longo do ciclo de 85,21% e 87,89%, respectivamente, para as condições de cultivo protegido e de campo, observando-se entre 02/09 a 02/11/00, tendência de maiores valores a campo, devido a maior frequência de precipitações pluviométricas neste período, elevando os valores de umidade relativa do ar nessa condição de cultivo, conforme a Figura 26.

A Figura 26 apresenta as curvas de umidade relativa do ar nas condições de cultivo protegido e de campo, para o dia 02/09/00 (com chuva).

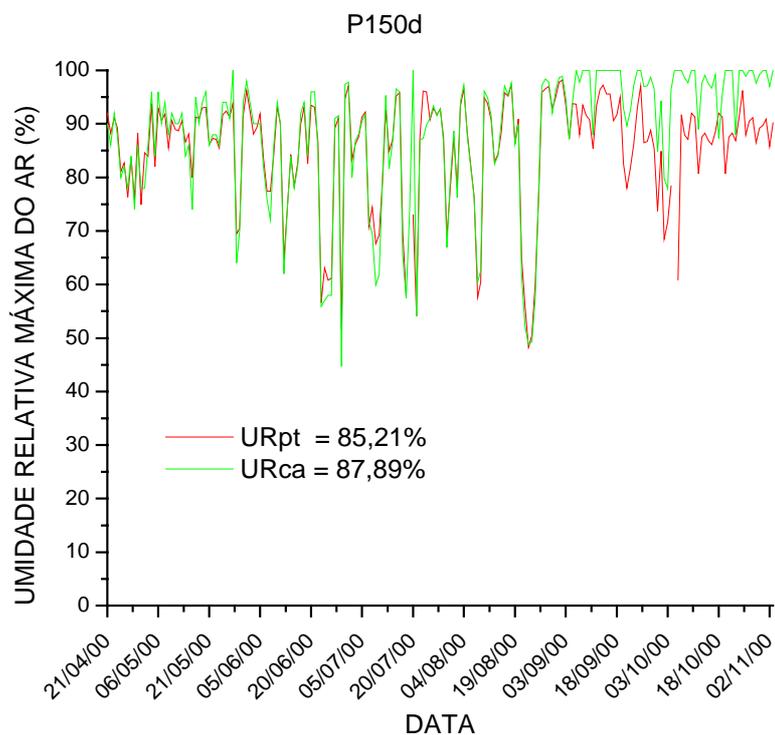


Figura 25 - Umidade relativa máxima do ar ao longo do ciclo da cultura de pimentão nas condições de cultivo protegido (pt) e de campo (ca).

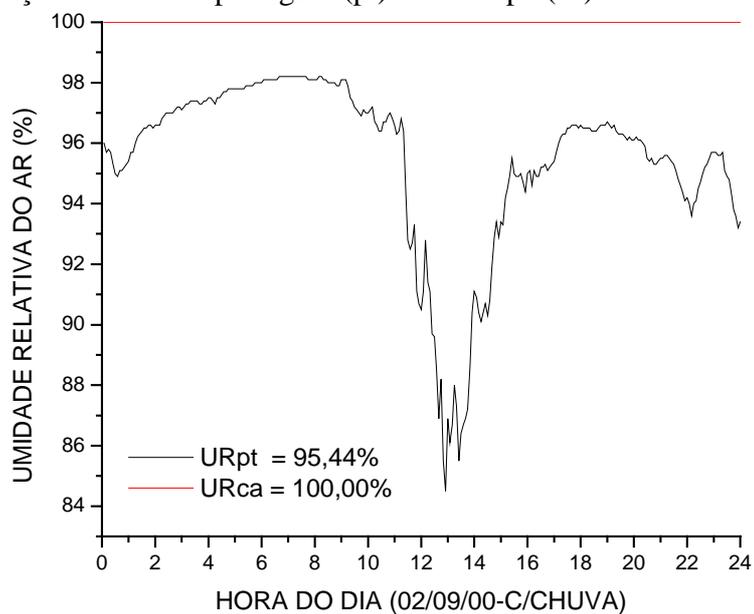


Figura 26 – Umidade relativa do ar para o dia 02/09/00 (com chuva), nas condições de cultivo protegido (pt) e de campo (ca).

Os índices da umidade relativa máxima do ar ($URMAX_{pt}/URMAX_{ca}$) foram de 0,98 e 1,01, para o P150d e P120, respectivamente, conforme o Quadro 7, indicando que a umidade relativa máxima do ar em condição de ambiente protegido para o P150d e P120, correspondeu a 98% e 101%, respectivamente, da umidade relativa máxima a campo.

A Figura 27 apresenta os valores médios diários de umidade relativa do ar, com médias ao longo do ciclo de 63,41% e 68,06%, para as condições de cultivo protegido e de campo, respectivamente, observando-se tendência de maiores valores a campo no período entre 02/09 a 02/11/00, devido a maior frequência de precipitações pluviométricas.

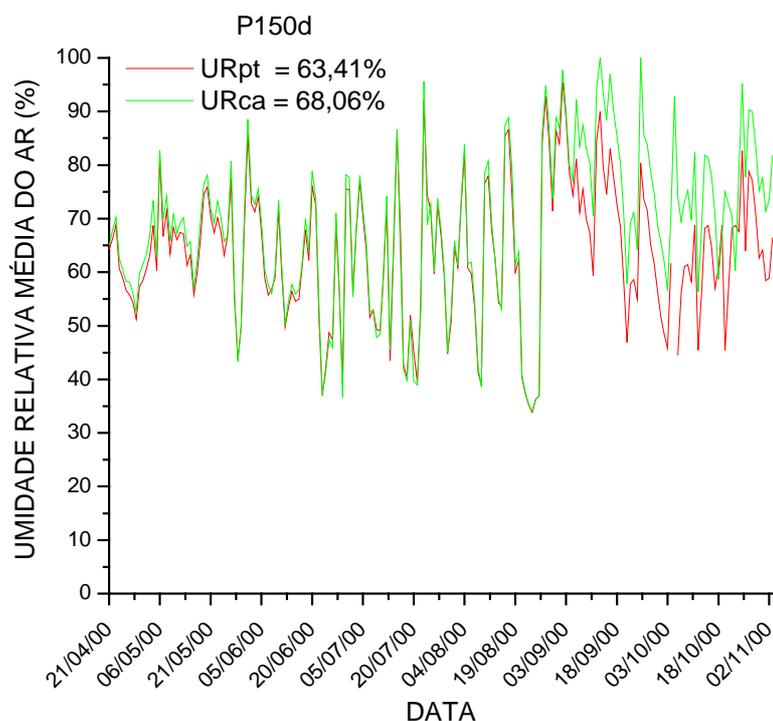


Figura 27 - Umidade relativa média do ar ao longo do ciclo da cultura de pimentão nas condições de cultivo protegido (pt) e de campo (ca).

Portanto, verifica-se que as médias dos valores mínimos, máximos e médios de umidade relativa do ar em condição de cultivo protegido, foram mais baixos em

7,96%, 2,68% e 4,56%, respectivamente, em relação aos obtidos a campo. Esses resultados estão associados ao aumento da temperatura do ar em condição de ambiente protegido, devido à pequena renovação do ar nessa condição de cultivo, favorecendo a retenção de energia pelo polietileno e, reduzindo conseqüentemente a umidade relativa do ar. Resultados similares foram obtidos por Fernandes (1996) ao avaliar a cultura do crisântemo em ambiente protegido com cobertura de PEBD de 150µm, com valores internos de umidade relativa mínima, máxima e média, mais baixos em 4%, 1% e 4%, respectivamente, em relação aos valores externos. Aguiar e Silva (2001), ao avaliar a variabilidade dos elementos energéticos e ambientais em meio protegido com polietileno cultivado com pimentão, também observou médias de umidade relativa do ar mínima, máxima e média, inferiores em 5,27%, 0,12% e 1,54%, em relação ao meio externo.

O índice da umidade relativa média do ar ($URMED_{pt}/URMED_{ca}$) obtido para o P150d foi de 0,94, enquanto Cunha (2001) obteve um valor de 0,99 para o P120, conforme o Quadro 7, indicando que a umidade relativa média do ar em condição de ambiente protegido para o P150d e P120, correspondeu a 94% e 99%, respectivamente, da umidade relativa média a campo. O menor valor desse índice para o P150d, está associado ao seu maior índice da temperatura média do ar ($TMED_{pt}/TMED_{ca}$), em relação ao P120.

4.10 Temperatura do solo

A Figura 28 apresenta as curvas de temperatura média do solo ao longo do ciclo da cultura de pimentão, para a profundidade de 0,10m, com médias de 21,69°C e 19,88°C, para as condições de cultivo protegido e de campo, respectivamente. Observa-se que as temperaturas foram mais homogêneas em condição de ambiente protegido, devido ao

efeito da contra-irradiação exercido pela cobertura de polietileno, diminuindo as perdas de energia nessa condição, tornando os valores de temperatura do solo mais estáveis.

Os índices da temperatura média do solo a 0,10m de profundidade (TS_{10pt}/TS_{10ca}), foram de 1,09 e 1,07, para os polietilenos P150 e P120, respectivamente, conforme o Quadro 7, indicando que a temperatura do solo a 0,10m de profundidade em condição de ambiente protegido para o P150d e P120, correspondeu a 109% e 107%, respectivamente, da temperatura média do solo nesta mesma profundidade a campo. O maior valor desse índice para o P150d está associado ao seu maior índice do saldo de radiação (R_{npt}/R_{nca}), em relação ao P120.

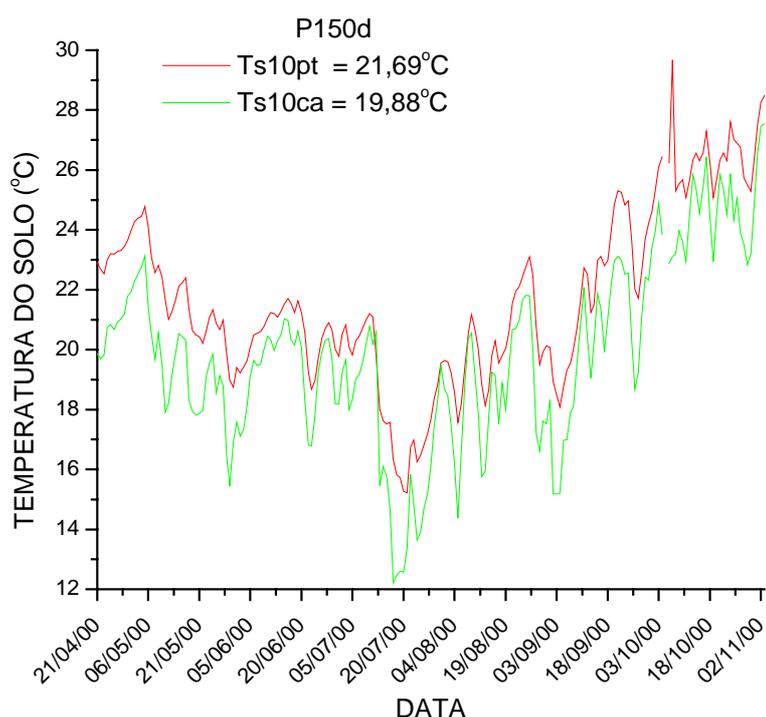


Figura 28 - Temperatura média do solo para a profundidade de 0,10m ao longo do ciclo da cultura de pimentão nas condições de cultivo protegido (pt) e de campo (ca).

A Figura 29 apresenta as curvas de temperatura média do solo ao longo do ciclo da cultura de pimentão, para a profundidade de 0,20m, com médias de 21,13°C e 20,87°C, para as condições de cultivo protegido e de campo, respectivamente.

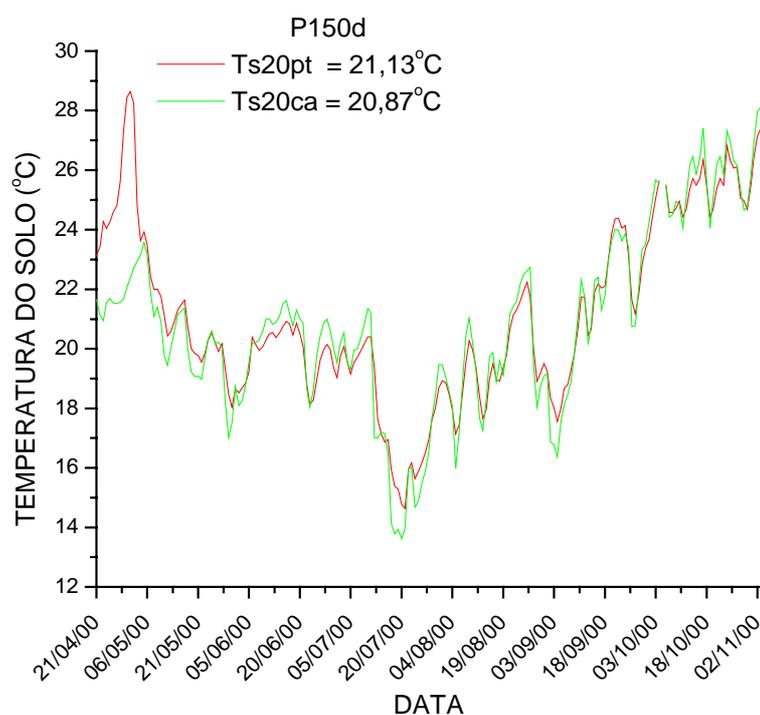


Figura 29 - Temperatura média do solo para a profundidade de 0,20m ao longo do ciclo da cultura de pimentão nas condições de cultivo protegido (pt) e de campo (ca).

O índice da temperatura média do solo a 0,20m de profundidade (TS_{20pt}/TS_{20ca}), foi de 1,01 para os polietilenos P150 e P120, conforme o Quadro 7, indicando que a temperatura média do solo a 0,20m de profundidade em condição de ambiente protegido para o P150d e P120, correspondeu a 101%, da temperatura média do solo nesta mesma profundidade a campo, denotando que os dois polietilenos exerceram efeitos semelhantes sobre a temperatura do solo a 0,20 m de profundidade.

Apesar da menor incidência de radiação solar no interior do ambiente protegido, a temperatura média do solo foi maior nessa condição de cultivo, independentemente da profundidade de medida, do mesmo modo como constatado por Cunha (2001) para o P120. Isto está associado ao efeito da contra-irradiação exercida pela cobertura de polietileno através da reflexão de ondas curtas e a baixa renovação de ar no seu interior, devido aos menores valores de velocidade do vento encontrados por Cunha (2001) para o P120, disponibilizando maiores quantidades de energia nas camadas superficiais do solo, acentuando o seu aquecimento, enquanto em condição de cultivo de campo, ocorreram maiores perdas de energia, tornando os valores médios de temperatura do solo mais baixos nas duas profundidades de medida, confirmando o que foi obtido por Schneider et al. (1993).

O Quadro 7 apresenta os valores de temperatura mínima (TMIN), máxima (TMAX) e média do ar (TMED), umidade relativa mínima (URMIN), máxima (URMAX) e média do ar (URMED), temperatura média do solo a 0,10m de profundidade (TS10) e a 0,20m de profundidade (TS20), nas condições de cultivo protegido e de campo, com seus respectivos índices para as coberturas de P150d e P120, referentes ao ciclo da cultura de pimentão.

Quadro 7 - Valores de temperatura mínima (TMIN), máxima (TMAX) e média do ar (TMED), umidade relativa mínima (URMIN), máxima (URMAX) e média do ar (URMED), temperatura média do solo a 0,10m de profundidade (TS10) e a 0,20m de profundidade (TS20), nas condições de cultivo protegido e de campo, com seus respectivos índices para as coberturas de P150d e P120, referentes ao ciclo da cultura de pimentão.

Parâmetro	P150d		Índice P150d	P120		Índice P120
	Protegido	Campo		Protegido	Campo	
TMIN (°C)	14,54	14,61	0,99	13,96	13,85	1,01
TMAX (°C)	28,51	24,83	1,15	27,16	24,32	1,12
TMED (°C)	20,24	19,25	1,05	19,41	18,74	1,04
URMIN (%)	37,52	45,48	0,84	41,54	45,23	0,91
URMAX (%)	85,21	87,89	0,98	88,21	87,53	1,01
URMED (%)	63,41	68,06	0,94	67,14	67,92	0,99
TS10 (°C)	21,69	19,88	1,09	20,98	19,68	1,07
TS20 (°C)	21,13	20,87	1,01	20,45	20,25	1,01

4.11 Indicadores de crescimento e de produtividade da cultura

As Figuras 30a, 30b, 30c e 30d, apresentam os valores médios de altura de planta, número de folhas por planta, índice de área foliar e matéria seca total (folhas, caule, ramos, frutos e raízes), respectivamente, para os cultivos protegido e de campo.

Observa-se na Figura 30 (a), que a altura média de planta no cultivo protegido foi superior àquela encontrada no cultivo de campo durante todo o ciclo da cultura.. Outros autores também observaram maior altura média de planta da cultura do pimentão no interior de ambientes protegidos, tais como Teodoro (1986), Faria JR. (1997), Santos et al. (1999), Tivelli (1999) e Cunha (2001).

Observa-se na Figura 30 (b) que o ambiente protegido apresentou maior número médio de folhas durante a maior parte do ciclo da cultura. No entanto,

constatou-se em 02/08/00 uma diminuição na emissão de folhas pelas plantas do cultivo protegido, devido ao ataque de ácaros, utilizando-se como medida de controle fitossanitário o produto abamectin (Apêndice 1), obtendo-se resposta das plantas 9 dias após a primeira pulverização.

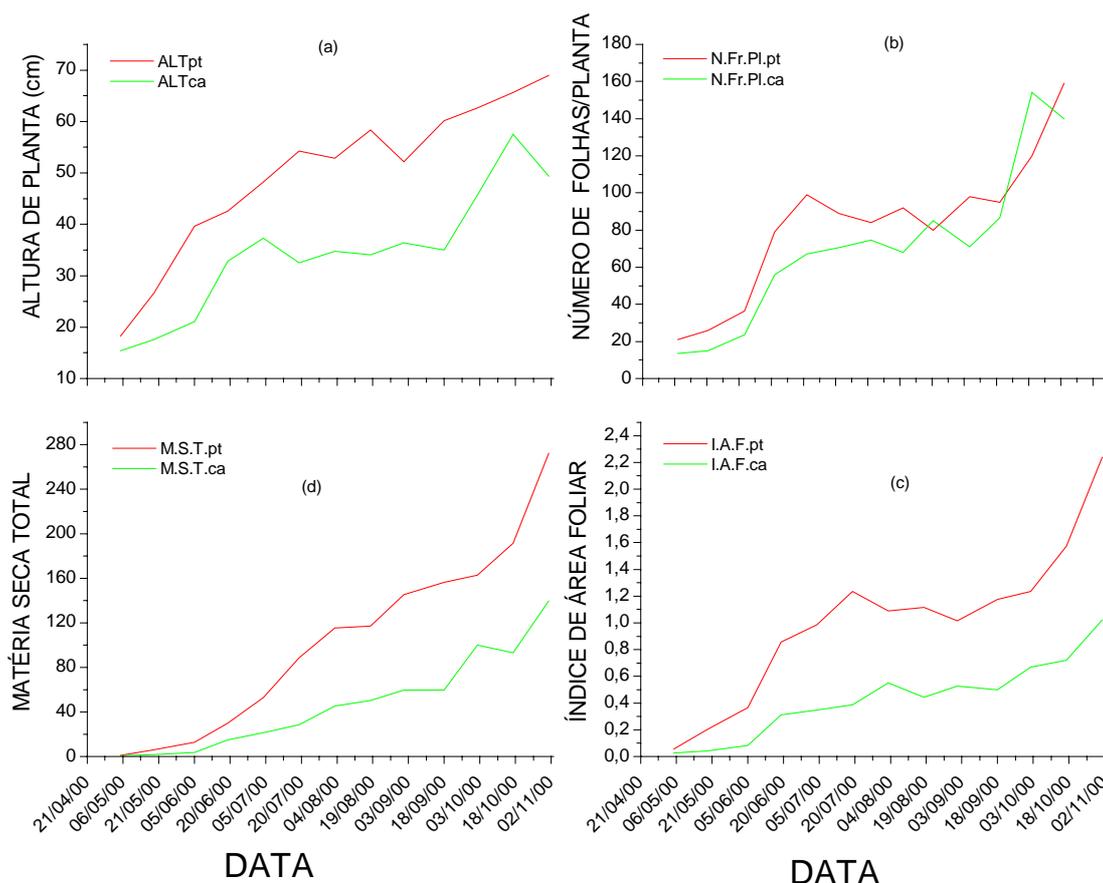


Figura 30 - Variação da altura média de planta (a), número de folhas por planta (b), índice de área foliar (c) e matéria seca total (d), para os cultivos protegido (pt) e de campo (ca).

No dia 04/07/00, constatou-se nas plantas das duas parcelas experimentais a presença de *Leveillula taurica* f.p. (*Oidiopsis sicula* f.i.), aplicando-se como medida de controle fitossanitário o produto propiconazole (Apêndice 1). Segundo Melo

(1997), este fungo causa doença em condições de estufa desde 1995 no Estado de São Paulo, sendo um dos fatores segundo Medeiros (1998), que reduzem o peso médio dos frutos de pimentão.

Devido a constatação de pássaros no cultivo de campo no dia 20/09/00, alimentando-se dos frutos em fase de maturação, instalou-se uma tela metálica no dia 23/09/00.

Observa-se na Figura 30 (c), que o cultivo protegido apresentou valores mais elevados para o índice de área foliar durante todo o ciclo, devido ao maior desenvolvimento da cultura de pimentão nessa condição, evidenciado pela maior quantidade de matéria seca total produzida (Figura 30 (d)). Cunha (2001) também observou para o P120 esta mesma tendência, ou seja, maiores valores para o índice de área foliar no interior do ambiente protegido.

Com relação à matéria seca total (Figura 30 (d)), observa-se maiores valores para a condição de cultivo protegido durante todo o ciclo da cultura, o que também foi constatado por Cunha (2001) para o P120.

Apesar das plantas das duas parcelas experimentais apresentarem nas últimas análises de crescimento, tendência de acréscimo do índice de área foliar e de matéria seca total, conforme se observa nas Figuras 30 (c) e (d), respectivamente, o ciclo da cultura foi encerrado em 02/11/00, uma vez que este trabalho, utilizou a mesma metodologia adotada por Cunha (2001) para o P120. Do mesmo modo como relatado por Medeiros (1998), ao avaliar a cultura do pimentão em ambiente protegido de PEBD, encerrou o ciclo da cultura, com plantas ainda em produção. Segundo Melo (1997), com o avanço do ciclo, o tamanho e a taxa do número de frutos tendem a diminuir por causa do declínio natural e/ou pela incidência de

patógenos e pragas. No entanto Medeiros (1998) afirma que não se deve desconsiderar o conceito de alongamento máximo do ciclo de cultivo como um recurso para abater o custo do investimento, justificando-se esse procedimento quando o manejo da casa-de-vegetação for adequado, de tal forma que as plantas se mantenham sadias e produtivas e, quando os preços forem estimulantes.

Os valores médios do número de frutos por planta, peso dos frutos, comprimento dos frutos, diâmetro dos frutos, espessura da polpa dos frutos, produção e produtividade, para os cultivos: protegido e de campo, estão contidos nos Quadros 8 e 9, respectivamente.

Os Quadros 8 e 9 apresentam os resultados referentes às 9 e 7 colheitas realizadas no cultivo protegido e de campo, respectivamente, onde observa-se que todos os valores médios dos indicadores de produção (comprimento dos frutos, diâmetro dos frutos e espessura da polpa dos frutos, número de frutos por planta, produção por planta e produtividade de frutos), referentes ao cultivo protegido, foram maiores do que os obtidos no cultivo de campo. Os valores médios de comprimento e diâmetro dos frutos e da espessura média de polpa dos frutos obtidos no cultivo protegido apresentaram um aumento percentual de 8,9%, 2,6% e 11,0% respectivamente, em relação ao cultivo de campo. A produção média de frutos por planta foi de 2,57kg para o ambiente protegido com cobertura de P150d, sendo este valor inferior ao obtido por Cunha (2001) para o P120, o qual, foi de 2,78kg/planta.

Observa-se ainda nos Quadros 8 e 9, que o número médio de frutos por planta e o peso médio dos frutos proporcionaram uma maior produtividade para o cultivo protegido ($8,56\text{kg m}^{-2}$), apresentando um aumento percentual de 110,30% em relação ao cultivo de campo ($4,07\text{kg m}^{-2}$), enquanto Cunha (2001) obteve para o P120, utilizando o

mesmo híbrido, produtividades de $9,29\text{kg m}^{-2}$ e $6,66\text{kg m}^{-2}$, para as condições de cultivo protegido e de campo, respectivamente. Tivelli (1999) obteve em São Manuel, SP, uma produtividade de 35t ha^{-1} para o híbrido Elisa em condição ambiente protegido com cobertura de PEBD.

O índice de produtividade (Prodpt/Prodca) determinado para o ambiente protegido com cobertura de P150d foi de 2,10, enquanto Cunha (2001) obteve para o P120 um valor de 1,39, observando-se uma diferença de 0,71 no valor dessa relação a favor do P150d.

Os Quadros 10 e 11 mostram a classificação dos frutos de pimentão do híbrido Elisa por grupo, sub-grupo, classe, sub-classe e categoria, para os cultivos protegido e de campo, respectivamente.

A partir dos valores médios do comprimento e diâmetro dos frutos contidos nos Quadros 8 e 9, foram determinadas a classe e sub-classe. O valor médio da classe foi maior em 8,8% no cultivo protegido. Os frutos produzidos no cultivo protegido não apresentaram defeitos graves, enquanto no cultivo de campo, foi constatado um percentual total de 3,4%. Os frutos oriundos do cultivo protegido apresentaram um percentual menor de defeitos leves (5,2%), em relação ao observado no cultivo de campo (27,17%). Estes valores possibilitaram a classificação a nível de categoria, atendendo os limites de tolerância de defeitos graves e leves. Com relação à categoria, o cultivo protegido sobressaiu-se em relação ao cultivo de campo, obtendo na maioria das colheitas frutos de categoria Extra, enquanto no cultivo de campo, preponderou a categoria III.

Quadro 8 - Valores médios do número de frutos por planta, peso dos frutos, comprimento dos frutos, diâmetro dos frutos, espessura da polpa dos frutos, produção e produtividade (média de 6 plantas – cultivo protegido).

Data	Nº médio de frutos/planta	Peso médio dos frutos (g)	Comprimento médio dos frutos (cm)	Diâmetro médio dos frutos (cm)	Espessura média de polpa dos frutos (mm)	Produção (kg/planta)	Produtividade (kg/m ²)
28/08/00	2,00	185,06	11,22	7,27	7,12	0,37	1,23
04/09/00	2,20	212,07	13,04	7,17	7,37	0,47	1,57
11/09/00	1,25	152,40	9,52	6,94	6,08	0,19	0,63
18/09/00	1,67	173,62	11,59	6,98	6,99	0,29	0,97
25/09/00	2,00	178,57	11,73	7,15	6,39	0,36	1,20
03/10/00	1,83	146,24	10,01	6,79	6,25	0,27	0,90
10/10/00	1,50	143,47	8,61	6,98	6,61	0,21	0,70
17/10/00	1,50	121,87	10,33	5,77	5,23	0,18	0,60
01/11/00	2,00	117,36	10,18	5,60	5,60	0,23	0,76
Total/Média	15,95	158,96	10,69	6,74	6,40	2,57	8,56

Quadro 9 - Valores médios do número de frutos por planta, peso dos frutos, comprimento dos frutos, diâmetro dos frutos, espessura da polpa dos frutos, produção e produtividade (média de 6 plantas – cultivo de campo)

Data	Nº médio de frutos/planta	Peso médio dos frutos (g)	Comprimento médio dos frutos (cm)	Diâmetro médio dos frutos (cm)	Espessura média de polpa dos frutos (mm)	Produção (kg/planta)	Produtividade (kg/m ²)
28/08/00	--	--	--	--	--	--	--
04/09/00	1,00	214,45	10,19	7,25	6,54	0,21	0,70
11/09/00	1,20	152,26	11,05	6,41	5,72	0,18	0,60
18/09/00	1,00	154,85	--	--	--	0,15	0,50
25/09/00	1,33	140,98	10,58	6,72	5,92	0,14	0,47
03/10/00	1,00	153,13	9,41	6,89	5,94	0,15	0,50
10/10/00	1,67	132,63	9,29	6,57	5,54	0,22	0,73
17/10/00	--	--	--	--	--	--	--
01/11/00	2,00	85,83	8,42	5,60	4,84	0,17	0,57
Total/Média	9,20	147,73	9,82	6,57	5,75	1,22	4,07

Quadro 10 - Classificação dos frutos de pimentão híbrido Elisa por grupo, sub-grupo, classe, sub-classe e categoria (média de 6 plantas – cultivo protegido).

Data	Grupo (%)		Cônico	Sub-Grupo	Classe	Sub-Classe	Defeitos			Categoria	
	Retangular	Quadrado					Graves (%)	DNC	DC		DEF
28/08/00	60,0	30,0	10,0	Vermelho	10	6	0,0	0,0	0,0	0,0	Extra
04/09/00	63,6	18,2	18,2	Vermelho	12	6	0,0	0,0	0,0	0,0	Extra
11/09/00	60,0	20,0	20,0	Vermelho	8	6	0,0	0,0	0,0	0,0	Extra
18/09/00	75,0	25,0	0,0	Vermelho	10	6	0,0	0,0	0,0	0,0	Extra
25/09/00	50,0	16,7	16,7	Vermelho	10	6	0,0	16,7	0,0	0,0	III
03/10/00	45,5	27,3	18,2	Vermelho	10	6	0,0	0,0	0,0	9,1	III
10/10/00	44,4	44,4	0,0	Vermelho	8	6	0,0	0,0	11,1	0,0	II
17/10/00	100,0	0,0	0,0	Vermelho	10	4	0,0	0,0	0,0	0,0	Extra
01/11/00	70,0	10,0	10,0	Vermelho	10	4	0,0	0,0	10,0	0,0	I
Média	63,2	21,3	10,3	Vermelho	9,8	5,6	0,0	4,2	0,0	1,0	Extra

DNC = dano não cicatrizado; DC = dano cicatrizado; DEF = defeituoso.

Quadro 11 - Classificação dos frutos de pimentão híbrido Elisa por grupo, sub-grupo, classe, sub-classe e categoria (média de 6 plantas – cultivo de campo).

Data	Grupo (%)		Sub-Grupo	Classe	Sub-Classe	Defeitos Graves (%)			Defeitos Leves (%)			Categoria	
	Retang.	Quadr.				Cônico	M	Q	DNC	DC	DEF		
28/08/00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
04/09/00	100,0	0,0	0,0	10	6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Extra
11/09/00	83,3	0,0	0,0	10	6	0,0	16,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	III
18/09/00	--	--	--	--	--	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	III
25/09/00	50,0	0,0	0,0	10	6	0,0	0,0	0,0	50,0	0,0	0,0	0,0	III
03/10/00	66,6	33,3	0,0	8	6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Extra
10/10/00	40,0	20,0	10,0	8	6	0,0	0,0	0,0	30,0	0,0	0,0	0,0	III
17/10/00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
01/11/00	50,0	21,4	7,1	8	4	7,1	0,0	0,0	14,2	0,0	0,0	0,0	III
Média	55,7	10,6	2,4	9	5,7	1,0	2,4	0,0	27,17	0,0	0,0	0,0	III

Retang. = retangular; Quadr. = quadrado; Verm. = vermelho; M = murcho; Q = murcho; Q = queimado; DNC = dano não cicatrizado; DC = dano cicatrizado; DEF = defeituoso.

5. CONCLUSÕES

Baseando-se nos resultados experimentais obtidos em ambiente protegido, utilizando-se como cobertura o polietileno difusor de luz espessura de 150 μ m (P150d) e o polietileno espessura de 120 μ m (P120), conclui-se que:

- O índice de produtividade obtido para o P150d, foi maior em cerca de 50% em relação ao observado para o P120.
- O índice do saldo de radiação obtido para o P150d, foi maior do que o determinado para o P120, devido ao maior índice do balanço de ondas curtas do P150d, considerando-se que os polietilenos P150d e P120 apresentaram valores iguais para o índice do balanço de ondas longas;
- O índice do coeficiente de reflexão determinado para o P150d, foi menor do que o observado para o P120, o que está associado aos maiores valores do índice de área foliar e fração difusa no P150d, em relação ao P120;

- O índice de fração difusa do P150d foi maior 27% do que o obtido para o P120, evidenciando um maior efeito difusor exercido pelo P150d sobre a radiação solar global;
- Os índices de umidade relativa mínima e média do ar determinados para o P150d, foram menores do que os obtidos para o P120, o que deve-se aos maiores índices da temperatura máxima e média do ar verificados para o P150d em relação ao P120;

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR SILVA, M.A., GALVANI, E., ESCOBEDO, J.F., GOMES, E.N. Estimativa dos componentes do saldo de radiação em casa-de-vegetação. In: SIMPÓSIO EM ENERGIA NA AGRICULTURA, 1., 1999, Botucatu. *Anais...* Botucatu: FCA, 1999. p.91-6.

AGUIAR 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 Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas - Universidade Estadual Paulista.

ALLEN, L.H., Jr., K.W. BROWN. Shortwave radiation in a corn crop. *Agronomy Journal*, Madison, v.57, p.575-80, 1965.

ALPI, A., TOGNONI, F. *Cultivo en invernadero*. 3.ed. Madri: Ediciones Mundi-Prensa, 1991. 347p.

- AL-RIahi, M., AL-KARAGHOULI, A., HASSON, A.W. Relations between radiation fluxes of a greenhouse in semi-arid conditions. *Agricultural and Forest Meteorology*, Amsterdam, v. 44, p.329-38, 1989.
- ANDRÉ, R.G.B., VISWANADHAN, Y. Radiation balance of soybeans grown in Brazil. *Agricultural Meteorology*, Amsterdam, v.30, p.157-73, 1983.
- ANDRIOLLO, J.L., BURIOL, G.A., ESTEFANEL, V. Determinação das variações de temperatura do ar e do solo e da umidade relativa do ar no ambiente interno e externo de uma estufa de polietileno em Santa Maria, RS. In: ENCONTRO DE PLASTICULTURA DA REGIÃO SUL, 3., 1989, Curitiba. *Resumos...* Curitiba: Emater-PR, 1989.p.6.
- ANDRIOLLO, J.L., BURIOL, G.B., STRECH, N.A., FIORIN, J. Influência da proteção ambiental com estufa de polietileno sobre alguns parâmetros de crescimento e desenvolvimento do pimentão, em Santa Maria, RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 7., 1991, Viçosa. *Resumos...* Viçosa: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1991. p.27-29.
- ASSIS, S.V. *Radiação solar em estufas de polietileno, nas orientações norte-sul e leste-oeste*. Botucatu, 1998. 81p. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas - Universidade Estadual Paulista.
- ASSIS, S.V., ESCOBEDO, J.F. Radiações solar, global e difusa em estufas com orientações norte-sul e leste-oeste. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 9., 1996. Campos de Jordão. *Anais...* Campos de Jordão: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1996. v.1, p.536-40.
- ASSIS, S.V., ESCOBEDO, J.F. Influência do ângulo de elevação solar no albedo da cultura de alface (*Lactuca sativa*, L.) medido em estufas de polietileno tipo túnel e externamente. In:

- CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10., 1997, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997, p.476-78.
- BAILLE, A., BRUN, R. Le bilan énergétique de la serre 2: Les moyens de limiter les perditions thermiques. In: *L'INRA et les cultures sous serre*. Paris: Institut National de la Recherche Agronomique, 1983. p.55-65.
- BEGUN, Z. N. Scattering of solar radiation by aerosol particles in the atmosphere: a theoretical approach validated with Pre-INDOEX. *Journal of Atmospheric and solar Terrestrial Physics*, v.60, p. 1751-4, 1998.
- BERGAMASCHI, H. GUADAGNIN, M.R. Modelo de ajuste para médias de temperatura do solo, em diferentes profundidades. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.1, p.95-9, 1993.
- BORSATTO, R.S., SENTELHAS, P.C., MINAMI, K. Avaliação da influência da coloração da cobertura plástica (PVC) na incidência da radiação solar no interior de estufas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11., REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 2., 1999, Florianópolis. CD... Florianópolis: Epagri, 1999.
- BRAGA, M.B. *Manejo da irrigação e orientação geográfica de estufas na produção do pimentão (Capsicum annuum L.)*. Botucatu, 2000. 89p. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas - Universidade Estadual Paulista.
- BURMAN, R., POPCHOP, L.O. *Evaporation, evapotranspiration and climatic data*. Amsterdam, Elsevier. 1994. 278p.

- BRUNGER, S. A. M., HOOPER, F. C. An anisotropic sky radiance model based on narrow field of view measurements of shortwave radiance. *Solar Energy*, v. 51, p. 53-64, 1993.
- BUCZKOWSKA, H., KOSSOWSKI, M. Effect of training method on the yield of some capsicum (*Capsicum annuum* L.) cultivars in plastic tunnels. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej im. Hugona Kollataja w Krakowie, Ogródnictwo* (1987). *Horticultural Abstracts*, v.58, n. I, p. 35, 1988. (Abstracts 297).
- BUDIKO, M.I. *Climate and life*. New York: Academic Press, 1974. 507p.
- 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*, Santa Maria, v.1, p.43-9, 1993a.
- BURIOL, G.A., STRECK, N.A. SCHNEIDER, F.M. Modificação ambiental causada por túneis baixos de polietileno transparente perfurado, cultivados com alface. *Ciência Rural*, v.23, n.3, p.261-6, 1993b.
- BURIOL, G.A., LUFT, S.V.L., HELDWEIN, A.B. Efeito da ventilação sobre a temperatura e umidade do ar em túneis baixos de polietileno transparente e o crescimento da alface. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.5, n.1, p.17-24, 1997.
- CAIXETA, T.J. *Estudo comparativo entre sistemas de irrigação por sulcos e gotejamento e efeito da lâmina de água e frequência de irrigação por gotejamento na cultura do pimentão*. Viçosa, 1978. 60p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa.
- 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*, Santa Maria, v.3, p.19-24, 1995.

- CAMARGO, L.S. *As hortaliças e seu cultivo*. 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1984. 448p.
- CAMARGO, A.M.M.P., CAMARGO FILHO, W.P. Área cultivada e regiões produtoras de hortaliças em São Paulo, 1995/96. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.16, n.1, 1998.
- CAMPBELL SCIENTIFIC, INC. *21X Micrologger: operator's manual*. Revision: 3/96. Logan, Utah: Copyright©, 1984-1996.
- CASALI, V.W.D., COUTO, F.A.A. Origem e botânica de *Capsicum*. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.10, n.113, p.8-10, 1984.
- CASTILLA, N., ELIAS, F., FERERES, E. Evapotranspiracion de cultivos hortícolas en invernadero en Almeria. *Investi. Agrar.: Prod. y Prot. Veg.*, v. 5, n.1, p. 117-25, 1990.
- CERMEÑO, Z.S. *Estufas: Instalação e manejo*. Lisboa: Litexa, 1990. 355p.
- CHIA, L. S. Albedos of natural surfaces in Barbados. *Quartely Journal Royal Meteorological Society*, v.93, p.116-20, 1967.
- CUNHA, G.R., PAULA, J.R.F., BERGAMASCHI, H. SAIBRO, J.C., BERLATO, M.A. Balanço de radiação em alfafa. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.1, p.1-10, 1993.
- 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 Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas - Universidade Estadual Paulista.

- DANTAS, R.T. *Parâmetros agrometeorológicos e análise de crescimento da alface (Lactuca sativa L.) em ambientes natural e protegido*. Botucatu, 1997. 109p. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas - Universidade Estadual Paulista.
- DAVIES, J.A., BUTTIMOR, P.H. Reflection coefficients, heating coefficients and net radiation at Sincoe, Sourthern Ontario. *Agricultural Meteorology*, Amsterdam, v.6, n.5, p.373-86, 1969.
- DOORENBOS, J., KASSAM, A.H. *Yield response to water*. Roma: FAO, 1979. 193p. (FAO Irrigation and Drainage paper 33).
- EDWARDS, R.I., LAKE, J.V. Transmission of solar radiation in a large-span east-west glasshouse II. *Journal Agric. Eng. Res.*, v.10, p.125-31, 1965.
- EMBRAPA. *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro: CNPS, 1997. 212p.
- EMBRAPA. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro: CNPS, 1999. 412p.
- ESCOBEDO, J.F., MELO, J.M.D., FRISINA, V.A. Radiações solar global e fração global refletida em estufa tipo túnel em cobertura de polietileno. In: CONGRESSO IBÉRICO DE ENERGIA SOLAR, 7.,1994, Vigo. *Anais...* Vigo: Espanha, v.1, 1994. p.53-8.
- FARIA JÚNIOR, M.J.A. *Avaliação de híbridos de pepino para cultivo protegido e do microclima formado por dois modelos de estufa*. Jaboticabal, 1994 102p. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Área de Concentração em produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista.
- FARIA JÚNIOR, 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 Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Universidade Estadual Paulista.
- FARIAS, J.R.B. BERGAMASCHI, S.R., BERLATO, M.A., OLIVEIRA, A.C.B. Alterações na temperatura e umidade relativa do ar provocadas pelo uso de estufa plástica. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.1, p.51-62, 1993a.
- 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*, Santa Maria, v.1, p.31-6, 1993b.
- FERNANDES, A.L.T. *Uso de estação agrometeorológica automática para o controle da irrigação de uma cultura de crisântemo em estufa*. Piracicaba, 1996, 91p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”- Universidade de São Paulo.
- FEUILLOLEY, P., GUILLAUME, S., ISSANCHOU, G., DAVENEL, A. Determination of thermal transparency of plastics material for covering greenhouses. *Acta Horticulturae*, Leuven, n.281, p.57-66, 1990.
- FILGUEIRA, F.E.A.R. *Manual de olericultura: cultivo e comercialização de hortaliças*. 2.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1982. v.2, 357p.
- FONTANA, D.C., BERLATO, M.A., BERGAMASCHI, H. Balanço de radiação da soja em região subtropical do Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.26, n.3, p.411-18, 1991.
- FRANÇA, S. ROSA, L. M. G., BERGAMASCHI, H., NABINGER, C. SPANENBERG. Radiação fotossinteticamente ativa e sua relação com a radiação solar global em dossel de

- alfafa em função do índice de área foliar. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.5, n.2, p.147-153, 1997.
- FRISINA, V.A.. ESCOBEDO, J.F. Aplicação de um albedômetro no balanço de radiação da cultura de alface (*Lactuca sativa* L.) em estufa de polietileno. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10., 1997, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997. p.210-12.
- FRISINA, V.A. *Otimização de um albedômetro e aplicação no balanço de radiação e energia da cultura de alface (Lactuca sativa L.) no exterior e interior de estufa de polietileno*. Botucatu, 1998. 86p. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas - Universidade Estadual Paulista.
- FRITSCHEN, L.J. Net and solar radiation relations over irrigated field. *Agricultural Meteorology*, Amsterdam, v.4, n.1, p.55-62, 1967.
- FRITSCHEN, L. J., GAY, L. W. *Environmental instrumentation*. New York: Springer Verlag, 1979. 216p.
- GALVANI, E., AGUIAR E SILVA, M. A., ESCOBEDO, J. F., GOMES, E. N., PICCCINI, A. Temperatura e fluxo de calor no solo em meio protegido por polietileno. In: SIMPÓSIO EM ENERGIA NA AGRICULTURA, 1., 1999, Botucatu. *Anais...* Botucatu: UNESP-FCA, 1999, p.7-12.
- 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 Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas - Universidade Estadual Paulista.

- GATES, D.M. Heat, radiant and sensible: radiant energy, its receipt and disposal. *Agricultural Meteorology: meteorological monographs*, Boston (Mass.), v.6, n.28, p.1-26, 1965.
- GOMES, E.N., FRISINA, V.A., ESCOBEDO, J.F. Estimativa da radiação fotossinteticamente ativa direta em função da radiação direta na incidência. In: SIMPÓSIO EM ENERGIA NA AGRICULTURA, 1., 1999, Botucatu. *Anais...* Botucatu: UNESP-FCA, 1999, p. 165-170..
- HELDWEIN, A.B., KRZYSCH, G. Estimativa da temperatura e da pressão de vapor d'água do ar no topo de uma cultura de batata. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.7, n.1, p.101-05, 1999.
- HERTER, F.G., REISSER JÚNIOR, C. Balanço térmico em estufas plásticas, RS. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.5, n.1, p.60, 1987.
- IQBAL, M. *introduction to solar radiation*. Nova Iorque, Academic Press, 1983. 390p.
- JACOBS, A.F.G., VAN PUL, W.A.J. Seasonal changes in the albedo of a maize crop during two seasons. *Agricultural and Forest Meteorology*, Amsterdam, v.49, n.4, p.351-60, 1990.
- JOLLIET, O. Hortitrans, amodel for predicting and optimizing humidity and transpiration in greenhouses. *Journal of Agricultural Engineering Resources*, n.57, p.23-37, 1994.
- KAI, E.S., SILVA, I.J.O., PIEDADE, S.M.S. Avaliação do microclima gerado no interior de estufas cobertas com PEBD e PVC na região de Piracicaba,SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11, REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 2., 1999, Florianópolis. *CD...* Florianópolis: Epagri, 1999.
- KALMA, J.D. BADHAM, R. The radiation balance of a tropical pasture, I. The reflection of short-wave radiation. *Agricultural Meteorology*, v.10, p.251-9, 1972.

- KITTAS, C. CHIAPALE, J.P., DE VILLELE, O., ARIES, F. Modèle d'estimation de la température de paroi d'une serre. *Agricultural and forest Meteorology*, Amsterdam, v.39, n.2-3, p.131-42,1987.
- KLOSOWSKI, E. S. Determinação do consumo de água em cultura de pimentão (*Capsicum annuum L.*) em ambiente protegido. Botucatu, 2001. 83p. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas - Universidade Estadual Paulista.
- KUHN, M., KUNDLA, L. S., STROSCHEIN, L. A. The radiation budget at Plateau Station, Antártica, 1966-1967. *Antarct. Res. Ser.*, v.25, p.41, 1977.
- KURATA, K. Role of reflection in light transmissivity of greenhouse. *Agricultural and Forest Meteorology*, Amsterdam, v.52, p.319-31, 1990.
- LEITÃO, M.M.V.B.R., AZEVEDO, P.V., COSTA, J.P.R. Reflectância de uma cultura de soja irrigada nas condições semi-áridas do nordeste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 6., 1989, Maceió. *Anais...* Maceió: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1989. p.330-7.
- LEITÃO, M.M.V.B.R., AZEVEDO, P.V., COSTA, J.P.R. Balanço de radiação e energia numa cultura de soja irrigada, nas condições semi-áridas do Nordeste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 6., 1990, Salvador. *Anais...* Salvador: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1990. p.27-32.
- LEVIT, G.J., GASPAR, R. Energy budget for greenhouses in humid temperature climate. *Agricultural and Forest Meteorology*, Amsterdam, v.44, p.241-54, 1988.
- LING, A.H. ROBERTSON, G.W. Reflection coefficients of some tropical vegetation covers. *Agricultural Meteorology*, v.27, p.141-4, 1982.

- MARTINS, S.R. Caracterização climática de estufa tipo capela em Pelotas-RS. In: ENCONTRO DE HORTALIÇAS DA REGIÃO SUL, 8., ENCONTRO DE PLASTICULTURA DA REGIÃO SUL, 5, 1992, Porto Alegre. *Resumos...* Porto Alegre: SOB/UFRGS, 1992a, P.53.
- MARTINS, G., *Uso da casa-de-vegetação com cobertura plástica na tomaticultura de verão*. Jaboticabal, 1992. 65p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Universidade Estadual Paulista.
- MARTINS, G., CASTELLANE, P.D., VOLPE, C.A. Influência da casa-de-vegetação nos aspectos climáticos e em época de verão chuvoso. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.12, n.2, p.131-5, 1994.
- MARTINEZ GARCIA, P.F. La regulación de las condiciones del ambiente en los cultivos protegidos. In: FERIA TECNICA INTERNACIONAL DE LA MAQUINARIA AGRICOLA, 1986. Zaragoza, Espana. *Anais...* Zaragoza: Asociación Nacional de Ingenieros Agronomos, 1986. p. 135-47.
- MASTEKBAYEVA, G. A., KUMAR, S. Effect of dust on the transmittance of low density polyethylene glazing in a tropical climate. *Solar Energy*, v. 68, p.135-41, 2000.
- MEDEIROS, S.L.P. *Trocas verticais de energia e vapor d'água em cultura de milho (Pennisetum americanum L.) Leek*. Porto Alegre, 1990. 112p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Faculdade de Agronomia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- MEDEIROS, J.F. *Manejo da água de irrigação salina em estufa cultivada com pimentão*. Piracicaba, 1998. 152p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo.

- MELO, J.M.D. *Desenvolvimento de um sistema para medir simultaneamente radiações global, difusa e direta*. Botucatu, 1993. 130p. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas - Universidade estadual Paulista.
- MELO, A.M.T. *Análise genética de caracteres de fruto em híbridos de pimentão*. Piracicaba, 1997. 112p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo.
- MILLS, P.J.W., SMITH, I.E., MARAIS, G. A greenhouse design for a cool subtropical climate with mild winters based on microclimatic measurements of protected environments. *Acta Horticulturae*, Leuven, n.281, p.83-94, 1990.
- MONTEITH, J.L., SZEICZ, G. The radiation balance of bare soil and vegetation. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, v.7, p.159-70, 1961.
- MONTEITH, J.L., SZEICK, G. Radiative temperature in the heat balance of natural surface. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, v.88, p.496-507, 1962.
- MONTEITH, J.L., UNSWORTH, M.H. *Principles of environmental physics*. London, Edward Arnold. 1990. 291p.
- MONTERO, J.I., CASTILLA, N., GUTIERREZ de RAVÉ, E., BRETONES, F. Climate under plastic in the Almeria area. *Acta Horticulturae*, Leuven, v.170, p.227-234, 1985.
- NEVILLE, V.B.R., CARRIJO, O.A. Estufa, material de coberturas e cortinamento-durabilidade e transparência a radiação solar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11., REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 2., 1999, Florianópolis. CD... Florianópolis: Epagri, 1999

- OLIVEIRA, M. R. V., FERREIRA, D. N. M., MIRANDA, R. G., MESQUITA, H. R. *Estufas, sua importância e ocorrência de pragas*. Brasília: EMBRAPA-CENARGEN, 1992. p.7. (EMBRAPA-CENARGEN. Comunicado Técnico, 11)
- OLIVEIRA, M.R.V. O emprego de casas de vegetação no Brasil: vantagens e desvantagens. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.30, n.8, p.1049-60, 1995.
- PÁDUA, J.G., CASALI, V.W.D., PINTO, C.M.F. Efeitos climáticos sobre pimentão e pimenta. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.10, n.113, p.11-3, 1984.
- PANDOUPOLOS, F., GRAFIADELLIS, M. A study light transmissivity of different plastic materials used for covering greenhouse. *Acta Horticulturae*, Leuven, v.287, p.99-103, 1990.
- PANELO, M. Adaptabilidad de cultivares de pimiento a condiciones de cultivo protegido. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.13, n.1, 1995.
- PEREIRA, A.L. *Cultura do pimentão*. Fortaleza : DNOCS, 1990. 49p.
- PRADOS, N.C. *Contribución al estudio de los cultivos enarenados en Almeria: necesidades hídricas y extracción del nutrientes del cultivo de tomate de crecimiento indeterminado em abrigo de polietileno*. Almeria, Espanha, 1986. 195p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Caja Rural Provincial.
- PRATES, J.E., CALVETTI, L. Previsão de temperatura máxima e mínima do ar ao nível de abrigo utilizando modelo atmosférico de mesoescala. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11., REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 2., 1999, Florianópolis. CD... Florianópolis: Epagri, 1999.

- ROLIM, G.S., SENTELHAS, P.C., BARBIERI, V. Planilhas no ambiente ExcelTM para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.6, n.1, p.133-7, 1998.
- RICIERI, R.P. *Transmissão da radiação solar global e difusa em estufas plásticas e nebulizadora*. Botucatu, 1995. 91p. Dissertação (Mestrado Em Energia na Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônômicas - Universidade Estadual Paulista.
- ROBLEDO DE PEDRO, F., MARTIN, L.V. *Aplicación de los plásticos en la agricultura*. Madrid: Mundi-Prensa, 1981, 552p.
- RODRIGUES, D.S. *Aplicação de fertilizantes via solo, foliar e fertirrigação afetando extração e concentração de nutrientes em tomateiro (Lycopersicon esculentum Mill.) em estufa*. Piracicaba, 1996. 78p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- ROSENBERG, N.J. Windbreaks and shelter effect. In: *Microclimate: the biological environment*. U.S.A.: John Wiley & Sons, 1974. p.238-64.
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Programa paulista para a melhoria dos padrões comerciais e embalagens de hortigranjeiros. *Classificação de pimentão*. São Paulo, 1998. “não pág.” (folheto).
- SANTOS, R.F., RICIERI, R.P., KLAR, A.E., KRUGER, F.C. Comportamento de altura de planta de dois híbridos de pimentão cultivado na estufa e à campo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11., REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 2., 1999, Florianópolis. CD... Florianópolis: Epagri, 1999.
- 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*, Santa Maria, v.1, n.1, p.37-42, 1993.
- SEEMAN, J. Greenhouse climate. In: *Agrometeorology*. New York, Germany: Springer-Verlag, 1979. p.165-78.
- SENTELHAS, P.C., ANGELOCCI, L.R., VILLA NOVA, N. 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. *Anais...* Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997. p.479-81.
- SGANZERLA, E. *Nova agricultura: A fascinante arte de cultivar com plásticos*. 5ed. Guaíba: Agropecuária, 1995. 342p.
- SIQUEIRA, M.E.C., BATISTA, P.A. Propriedades óticas dos filmes agrícolas. Associação de Engenheiros Agrônomos do Estado de São Paulo. Programa de Plasticultura para o Estado de São Paulo, 1994. 36p. (mimeogr.).
- SIRJACOBS, M., SLAMA, D.O. Irrigation localisé d'une culture de proivona sours serre en región aride. *Farham Royal*, v.11, p.21, 1985.
- SIVIERO, P., GALERANI, M. La' cultirazine del peperone. Verona: L'informatore Agrio, 1992. 217p.
- SONNENBERG, P.E. *Olericultura Especial: 2ª parte*. 2.ed. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 1981. 143p.
- SOUZA, C.M.P., *Avaliação de elementos meteorológicos relacionados com a orientação geográfica de estufas de polietileno cultivadas com alface (Lactuca sativa, L.)*. Botucatu, 2000. 61p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrônômicas – Universidade Estadual Paulista.

- SOUZA, J.L. *Saldo radiômetro com termopilha de filme fino e aplicação no balanço de radiação e energia em cultivo de feijão-vagem (Phaseolus vulgaris L.) em casa de vegetação com cobertura de polietileno*. Botucatu, 1996. 172p. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas - Universidade Estadual Paulista.
- STANHILL, G., HOFSTEDE, G.J., KALMA, J.D. Radiation balance of natural and agricultural vegetation. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, v.92, p.128-40, 1966.
- STANHILL, G., COX, J.T.H., MORESHET, S. The effect of crop and climate factors on the radiation balance of on irrigated maize crop. *Journal of Applied Ecology*, v.5, p. 707-20, 1968.
- TAKAZAKI, P.E., DELLA VECCHIA, P.T. Problemas nutricionais e fisiológicos no cultivo de hortaliças em ambiente protegido. In: FERREIRA, M.E., CASTELLANE, P.D., CRUZ, M.C.P. *Nutrição e adubação de hortaliças*. Piracicaba: Potafós, 1993. p.301-22.
- TANAKA, M., GENTA, H. *Control del medio ambiente bajo invernadero y túnel plástico*. Salto: Uruguay – Estación Experimental de Citricultura, 1982. 61p.
- TAPIA, G.J. Filmes térmicos para invernaderos. *Revista de plásticos modernos*, Madrid, v.295, p.75-82, 1981.
- TEODORO, R.E.F. *Efeito da irrigação no crescimento e produção do pimentão (Capsicum annuum L.) conduzido em casa de vegetação e em condições de campo*. Piracicaba, 1986. 67p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo.

- TEODORO, R.E.F., OLIVEIRA, A.S. Efeito da irrigação na produção de pimentão (*Capsicum annuum* L.), conduzido em casa-de-vegetação e em condições de campo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 20., 1991, Londrina. *Anais...* Londrina: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1991, p.676-91.
- TEODORO, R.E.F., OLIVEIRA, A.S., MINAMI, K. Efeitos da irrigação por gotejamento na produção de pimentão (*Capsicum annuum* L.) em casa-de-vegetação. *Sci.Agric.*, Piracicaba, v.50, n.2, p.237-243, 1993
- THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. *Geography Review*, v.38, p.55-94, 1948.
- THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. *The water balance*. Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 104p. 1955.
- TIVELLI, S.W. *Sistemas de cultivo na cultura do pimentão (Capsicum annuum L.) vermelho em ambiente protegido*. Botucatu, 1999. 157p. Tese (Doutorado em Horticultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas – Universidade Estadual Paulista.
- TULLER, S.E., PETERSON, M.J. The solar radiation environment of greenhouse-grown Douglas-fir seedlings. *Agriculture and Forest Meteorology*, Amsterdam, v.44, n.1, p.49-65, 1988.
- VAN DEN BOS, J. *The isolating effect of greenhouses on arthropod pests and its significance for integrated pest management*. Wageningen: Pudoc, 1983. 92p.
- VAN WIJK, W.R. *Physics of plant environment*. North-Holland Publication, Amsterdam, 382p. 1966.

VILLA NOVA, N.A. *Estudos sobre o balanço de energia em cultura de arroz*. Piracicaba, 1973. 77p. Tese (Livre Docência) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo.

APÉNDICE

1. Controle fitossanitário realizado durante o ciclo da cultura do pimentão para os cultivos protegido e de campo.

Data	Praga ou Doença	Nome científico	Produto	Dosagem
20/04/00	Podridão de raiz	<i>Phytophthora capsici</i>	Alaninato-Metalaxyl	3 g / 1 L H ₂ O
27/04/00	Vaquinha	<i>Diabrotica speciosa</i>	Malathion	0,35 mL / 1L H ₂ O
	Pulgão	<i>Mizus persicae</i>	Malathion	
	Paquinha	<i>Neocurtilla hexadactyla</i>	Isca a base de Malathion	0,35 mL / 1L H ₂ O
04/05/00	Vaquinha	<i>Diabrotica speciosa</i>	Deltamethrine	0,3 mL / 1L H ₂ O
19/05/00	Vaquinha	<i>Diabrotica speciosa</i>	Deltamethrine	0,3 mL / 1L H ₂ O
	Pulgão	<i>Mizus persicae</i>	Deltamethrine	0,3 mL / 1L H ₂ O
02/06/00	Tripes	<i>Frankliniella schulzei</i>	Methamidophos	1 mL / 1L H ₂ O
19/06/00	Tripes	<i>Frankliniella schulzei</i>	Methamidophos	1 mL / 1L H ₂ O
05/07/00	Tripes	<i>Frankliniella schulzei</i>	Methamidophos	1 mL / 1L H ₂ O
06/07/00	<i>Oidiopsis sicula f.i.</i>	<i>Leveillula taurica f.p.</i>	Propiconazole	0,5 mL / 1L H ₂ O
22/07/00	<i>Oidiopsis sicula f.i.</i>	<i>Leveillula taurica f.p.</i>	Propiconazole	0,5 mL / 1L H ₂ O
	Tripes	<i>Frankliniella schulzei</i>	Methamidophos	1 mL / 1L H ₂ O
04/08/00	Ácaro branco	<i>Polyphagotarsonemus latus</i>	Abamectin ⁽¹⁾	0,3 mL / 1L H ₂ O
11/08/00	Ácaro branco	<i>Polyphagotarsonemus latus</i>	Abamectin ⁽¹⁾	0,3 mL / 1L H ₂ O
24/08/00	<i>Oidiopsis sicula f.i.</i>	<i>Leveillula taurica f.p.</i>	Propiconazole	0,5 mL / 1L H ₂ O
	Tripes	<i>Frankliniella schulzei</i>	Methamidophos	1 mL / 1L H ₂ O
10/09/00	<i>Oidiopsis sicula f.i.</i>	<i>Leveillula taurica f.p.</i>	Propiconazole	0,5 mL / 1L H ₂ O
	Tripes	<i>Frankliniella schulzei</i>	Methamidophos	1 mL / 1L H ₂ O
27/09/00	<i>Oidiopsis sicula f.i.</i>	<i>Leveillula taurica f.p.</i>	Propiconazole	0,5 mL / 1L H ₂ O
14/10/00	<i>Oidiopsis sicula f.i.</i>	<i>Leveillula taurica f.p.</i>	Propiconazole	0,5 mL / 1L H ₂ O

⁽¹⁾Aplicação do produto apenas no cultivo protegido

Obs: O controle fitossanitário foi efetuado mediante o exame visual do patógeno ou inseto e de análises microscópicas.

2. Evapotranspiração diária da cultura de pimentão para os cultivos protegido e de campo.

DATA	Leitura - Média (mL)		ETC - Média (mm)		DATA	Leitura - Média (mL)		ETC - Média (mm)	
	ap	ca	ap	ca		ap	ca	ap	ca
01/Mai	4.1	3.0	1.7	1.3	14/Jun	3.7	3.3	1.5	1.4
02/Mai	3.8	2.8	1.6	1.2	15/Jun	4.8	4.4	2.0	1.9
03/Mai	3.5	2.6	1.5	1.1	16/Jun	4.0	3.7	1.7	1.6
04/Mai	3.7	5.2	1.5	2.2	17/Jun	4.9	4.4	2.1	1.8
05/Mai	2.5	3.5	1.1	1.5	18/Jun	3.3	3.0	1.4	1.2
06/Mai	3.1	4.3	1.3	1.8	19/Jun	4.2	3.7	1.8	1.5
07/Mai	2.6	3.6	1.1	1.5	20/Jun	4.0	3.0	1.7	1.3
08/Mai	4.4	3.3	1.9	1.4	21/Jun	4.6	3.7	1.9	1.5
09/Mai	4.3	3.2	1.8	1.3	22/Jun	3.9	3.3	1.6	1.4
10/Mai	4.0	2.9	1.7	1.2	23/Jun	4.3	3.9	1.8	1.6
11/Mai	4.1	3.1	1.7	1.3	24/Jun	4.0	3.6	1.7	1.5
12/Mai	4.2	3.1	1.8	1.3	25/Jun	4.0	3.6	1.7	1.5
13/Mai	4.0	3.0	1.7	1.3	26/Jun	4.6	4.2	1.9	1.8
14/Mai	4.0	2.9	1.7	1.2	27/Jun	3.7	3.4	1.6	1.4
15/Mai	4.1	3.1	1.7	1.3	28/Jun	4.1	3.7	1.7	1.6
16/Mai	4.2	3.4	1.8	1.4	29/Jun	5.2	4.5	2.2	1.9
17/Mai	4.9	3.6	2.0	1.5	30/Jun	3.7	0.0	1.6	0.0
18/Mai	3.2	2.6	1.4	1.1	01/Jul	3.5	0.1	1.5	0.0
19/Mai	3.9	3.2	1.7	1.4	02/Jul	4.0	3.2	1.7	1.3
20/Mai	4.2	3.5	1.8	1.5	03/Jul	3.9	3.8	1.6	1.6
21/Mai	4.4	3.6	1.9	1.5	04/Jul	4.8	5.1	2.0	2.2
22/Mai	4.8	3.3	2.0	1.4	05/Jul	2.4	2.4	1.0	1.0
23/Mai	4.6	3.2	1.9	1.3	06/Jul	3.3	3.4	1.4	1.4
24/Mai	3.2	2.4	1.3	1.0	07/Jul	3.4	4.1	1.4	1.7
25/Mai	3.6	1.6	1.5	0.7	08/Jul	3.6	4.2	1.5	1.8
26/Mai	3.1	1.4	1.3	0.6	09/Jul	3.4	3.9	1.4	1.6
27/Mai	4.7	2.1	2.0	0.9	10/Jul	4.0	4.6	1.7	1.9
28/Mai	4.4	2.0	1.9	0.8	11/Jul	3.8	4.3	1.6	1.8
29/Mai	4.1	3.7	1.7	1.5	12/Jul	3.4	3.4	1.4	1.4
30/Mai	4.5	4.0	1.9	1.7	13/Jul	3.3	3.7	1.4	1.6
31/Mai	3.2	2.8	1.3	1.2	14/Jul	2.7	2.8	1.1	1.2
01/Jun	5.0	4.4	2.1	1.8	15/Jul	2.5	0.7	1.1	0.3
02/Jun	3.7	3.4	1.6	1.4	16/Jul	3.0	0.2	1.3	0.1
03/Jun	3.4	3.1	1.4	1.3	17/Jul	3.1	0.1	1.3	0.0
04/Jun	3.3	3.2	1.4	1.3	18/Jul	2.0	0.6	0.8	0.3
05/Jun	3.6	3.4	1.5	1.4	19/Jul	2.8	2.1	1.2	0.9
06/Jun	3.7	3.5	1.5	1.5	20/Jul	2.4	0.1	1.0	0.0
07/Jun	4.3	4.0	1.8	1.7	21/Jul	3.0	0.5	1.3	0.2
08/Jun	4.0	3.7	1.7	1.6	22/Jul	2.3	0.0	1.0	0.0
09/Jun	3.7	3.4	1.6	1.4	23/Jul	1.9	0.0	0.8	0.0
10/Jun	4.1	3.8	1.7	1.6	24/Jul	2.4	2.7	1.0	1.2
11/Jun	4.0	3.7	1.7	1.6	25/Jul	2.5	1.9	1.1	0.8
12/Jun	5.1	4.4	2.2	1.9	26/Jul	2.5	2.1	1.0	0.9
13/Jun	3.6	3.2	1.5	1.3	27/Jul	2.5	1.7	1.0	0.7

DATA	Leitura - Média (mL)		ETC - Média (mm)		DATA	Leitura - Média (mL)		ETC - Média (mm)	
	ap	ca	ap	ca		ap	ca	ap	ca
28/Jul	2.3	1.6	1.0	0.7	10/Set	2.9	5.3	1.2	2.2
29/Jul	2.5	1.4	1.1	0.6	11/Set	3.7	6.2	1.6	2.6
30/Jul	2.2	2.9	0.9	1.2	12/Set	3.7	0.0	1.5	0.0
31/Jul	3.1	3.5	1.3	1.5	13/Set	1.8	0.0	0.8	0.0
01/Ago	2.7	4.0	1.1	1.7	14/Set	2.5	3.4	1.1	1.4
02/Ago	2.9	4.1	1.2	1.7	15/Set	4.9	5.0	2.1	2.1
03/Ago	2.8	4.0	1.2	1.7	16/Set	2.4	5.2	1.0	2.2
04/Ago	2.6	2.6	1.1	1.1	17/Set	2.4	0.0	1.0	0.0
05/Ago	3.1	4.4	1.3	1.9	18/Set	2.4	3.7	1.0	1.5
06/Ago	2.9	3.9	1.2	1.6	19/Set	3.4	5.8	1.4	2.4
07/Ago	2.8	4.0	1.2	1.7	20/Set	3.5	6.1	1.5	2.6
08/Ago	4.0	5.1	1.7	2.1	21/Set	4.4	6.9	1.9	2.9
09/Ago	3.6	4.3	1.5	1.8	22/Set	3.8	6.0	1.6	2.5
10/Ago	3.6	3.8	1.5	1.6	23/Set	4.4	6.8	1.9	2.9
11/Ago	3.6	4.1	1.5	1.7	24/Set	4.7	6.7	2.0	2.8
12/Ago	3.6	3.7	1.5	1.6	25/Set	7.3	10.5	3.1	4.4
13/Ago	3.1	3.6	1.3	1.5	26/Set	3.6	5.2	1.5	2.2
14/Ago	3.1	3.6	1.3	1.5	27/Set	3.2	5.1	1.3	2.1
15/Ago	3.4	3.8	1.4	1.6	28/Set	3.3	5.5	1.4	2.3
16/Ago	3.4	3.7	1.4	1.6	29/Set	3.4	5.9	1.4	2.5
17/Ago	2.9	0.3	1.2	0.1	30/Set	4.0	7.3	1.7	3.1
18/Ago	3.9	2.5	1.7	1.1	01/Out	3.3	5.7	1.4	2.4
19/Ago	3.0	4.3	1.2	1.8	02/Out	4.1	7.6	1.7	3.2
20/Ago	3.1	3.5	1.3	1.5	03/Out	4.7	8.4	2.0	3.5
21/Ago	3.3	3.8	1.4	1.6	04/Out	4.2	7.2	1.8	3.0
22/Ago	3.7	3.5	1.5	1.5	05/Out	4.0	6.1	1.7	2.6
23/Ago	3.8	4.8	1.6	2.0	06/Out	4.6	7.9	2.0	3.3
24/Ago	3.6	4.6	1.5	2.0	07/Out	4.1	7.5	1.7	3.2
25/Ago	3.4	4.1	1.4	1.7	08/Out	4.2	7.7	1.8	3.3
26/Ago	3.8	4.1	1.6	1.7	09/Out	4.1	8.2	1.7	3.5
27/Ago	5.5	0.3	2.3	0.1	10/Out	4.8	8.5	2.0	3.6
28/Ago	0.8	0.5	0.3	0.2	11/Out	4.4	7.6	1.9	3.2
29/Ago	2.6	0.1	1.1	0.0	12/Out	4.1	7.8	1.7	3.3
30/Ago	1.8	0.1	0.7	0.1	13/Out	5.0	7.8	2.1	3.3
31/Ago	3.2	0.2	1.3	0.1	14/Out	4.0	6.9	1.7	2.9
01/Set	3.9	0.0	1.7	0.0	15/Out	4.5	7.8	1.9	3.3
02/Set	3.2	0.0	1.4	0.0	16/Out	4.6	8.1	1.9	3.4
03/Set	2.1	0.0	0.9	0.0	17/Out	4.8	8.5	2.0	3.6
04/Set	1.0	0.0	0.4	0.0	18/Out	5.3	9.7	2.2	4.1
05/Set	1.2	1.2	0.5	0.5	19/Out	5.0	8.3	2.1	3.5
06/Set	2.4	1.4	1.0	0.6	20/Out	4.8	7.4	2.0	3.1
07/Set	2.3	2.5	1.0	1.1	21/Out	4.9	7.7	2.0	3.3
08/Set	1.9	3.4	0.8	1.4	22/Out	5.4	8.2	2.3	3.5
09/Set	3.0	5.2	1.2	2.2	23/Out	6.3	9.8	2.7	4.1

DATA	Leitura - Média (mL)		ETC - Média (mm)	
	ap	ca	ap	ca
24/Out	5.7	6.5	2.4	2.7
25/Out	4.1	1.4	1.7	0.6
26/Out	3.9	5.1	1.6	2.1
27/Out	4.0	5.8	1.7	2.4
28/Out	3.7	6.7	1.5	2.8
29/Out	3.7	7.4	1.6	3.1
30/Out	4.1	7.6	1.7	3.2
31/Out	2.2	4.3	0.9	1.8
01/Nov	2.1	4.3	0.9	1.8
02/Nov	2.2	4.3	0.9	1.8
03/Nov	1.9	3.9	0.8	1.6