

ISSN 0104-1347

Avaliação de elementos meteorológicos durante a ocorrência de geada em cultivo de pimentão, nas condições de ambiente protegido e campo

Evaluation of meteorology elements during frost occurrence in bell peppers grown outside and inside a greenhouse.

Marcelo Augusto de Aguiar e Silva¹, Emerson Galvani² e João Francisco Escobedo³

Resumo - Neste trabalho, o objetivo é a avaliação dos elementos meteorológicos (temperatura do ar, umidade relativa do ar, temperatura do solo e fluxo de calor no solo) em uma noite de ocorrência de geada na cultura do pimentão híbrido Margarita. O experimento foi conduzido nas condições de ambiente protegido e campo, na área experimental do Departamento de Recursos Naturais, Setor de Ciências Ambientais da FCA/UNESP, município de Botucatu, SP (latitude de 22° 51'S; longitude de 48° 26'W e altitude de 786m). Os sensores de temperatura e umidade relativa do ar foram instalados a 2,0m de altura, os sensores de temperatura e fluxo de calor no solo a 0,10m e 0,02m de profundidade, respectivamente. No dia 17-07-00, data em que ocorreu o fenômeno da geada, a temperatura mínima de relva foi de -4°C e as plantas de pimentão encontravam-se com 153 dias após o transplante (DAT). No momento da geada, a temperatura do ar foi de 1,86 e 2,90°C nas condições de ambiente protegido e campo, respectivamente, sendo a temperatura do ar na condição de ambiente protegido 1,04°C menor que a temperatura a campo. Mesmo com essa diferença, as plantas que sofreram danos mais severos com a queda da temperatura foram as da condição de campo. Embora o ambiente protegido tenha proporcionado um efeito térmico sobre as plantas, inibindo a ação da geada, experimentalmente, não foi possível distinguir este efeito devido ao baixo número de amostras verticais e à elevada altura dos instrumentos de medidas. Para evidenciar o efeito térmico, o procedimento recomendado seria a obtenção espacial de perfis verticais de temperatura e umidade, nas condições de ambiente protegido e a campo.

Palavras-chave: geada, temperatura do ar, temperatura do solo.

Abstract -The objective of this work was to evaluate air temperature, air relative humidity, soil temperature and soil heat flux, during the frost occurrence in a bell pepper crop (Margarita hybrid). The experiment was conducted outside and inside a greenhouse, in the experimental area of the Departamento de Recursos Naturais, Setor de Ciências Ambientais, FCA/UNESP, municipal district of Botucatu, SP (22°51'S; 48°26'W; 786m). The instruments of temperature and relative humidity were installed at 2.0 m of height, while a soil temperature probe and the soil heat flux plate were installed at 10 and 2 cm of depth, respectively. At the 153 days after the transplant (17/07/2000) the minimum temperature of grass reached -4°C characterizing the frost occurrence. Air temperatures reached 2.90 °C outside and 1.86 °C inside the greenhouse. Plants grown outside the greenhouse suffered severe damages, in spite of the external temperature to be slightly superior to the internal temperature. Although the greenhouse has created a thermal effect on the plants, inhibiting the frost action, experimentally it was not possible to distinguish this effect, due to the low number of vertical samples and the elevated height of the instruments of measures. To evidence the thermal effect, the recommended procedure would be the space obtaining of vertical profiles of temperature and humidity, inside and outside the greenhouse.

Key words: frost, air temperature, soil temperature.

¹Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Irrigação e Drenagem, Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Campus de Botucatu, SP. Caixa Postal 237. CEP: 18603-970. E-mail: aguiaresilva@fca.unesp.br.

²Prof. Dr., Departamento de Geografia - Laboratório de Climatologia - USP. Av. Prof. Lineu Prestes, 338. CEP: 05508-900, São Paulo - SP.

³Prof. adjunto, Departamento de Recursos Naturais, Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Campus de Botucatu, SP. Caixa Postal 237. CEP: 18603-970.

Introdução

A temperatura do ar tem efeito direto no crescimento e desenvolvimento das plantas, pois estas dependem de faixas adequadas de temperatura para um máximo desenvolvimento. Sendo que a variação desse elemento meteorológico condiciona, não só o crescimento e o desenvolvimento das plantas, mas também a ocorrência de pragas e doenças (HELDWEIN & KRZYSCH, 1999).

No Brasil, em regiões localizadas nas latitudes superiores a 19°S, as baixas temperaturas durante o inverno podem provocar a ocorrência de geada. O fenômeno da geada é freqüente nos Estados de Minas Gerais (Triângulo Mineiro e Região Sul), São Paulo, Mato Grosso do Sul, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (PEREIRA *et al.*, 2002).

Normalmente ocorre a formação de geada, quando a temperatura do solo atinge valores abaixo de 0°C. Em tais oportunidades, a camada de ar, que se encontra a 2 metros do solo, pode acusar temperaturas mais elevadas. Isto porque, após o pôr-do-sol, a ausência de brilho solar, a perda de energia da superfície por emissão de radiação de ondas longas (lei de Stefan-Boltzmann) se acentua, provocando queda rápida da temperatura do ar próximo à superfície. Isto resulta no que se denomina inversão térmica, ou seja, a temperatura aumenta com a altura, nos primeiros metros, ao invés de diminuir (PEREIRA *et al.*, 2002).

Com o intuito de reduzir os danos causados por baixas temperaturas em regiões suscetíveis à geada, é cada vez maior a utilização de ambiente protegido na produção de hortaliças. A proteção de plantas contra os efeitos letais causados pela geada é problema considerável na agricultura, especialmente para as lavouras de alta rentabilidade.

O pimentão, atualmente, é cultivado em regiões tropicais e temperadas do mundo todo (TIVELLI, 1998). Segundo esse autor, para cada fase de desenvolvimento da cultura do pimentão, há uma temperatura adequada para se obter um ótimo desenvolvimento das plantas, e essa temperatura não se altera sensivelmente de um híbrido para o outro. TEODORO *et al.* (1993) afirmam que a cultura do pimentão é sensível a baixas temperaturas e não tolera as geadas, mas alterações relacionadas ao clima podem prejudicar sua safra e acarretar falta do produto no mercado e, conseqüentemente, grandes oscilações

de preços.

Segundo SONNENBERG (1981), o pimentão é uma planta tropical, cuja faixa térmica ideal, para um ótimo desenvolvimento da planta, varia de 20 a 30°C. FILGUEIRA (1982) observou que os estádios em que as plantas de pimentão são mais sensíveis ao frio são a germinação e a formação de mudas. Para cada estágio de desenvolvimento, a planta apresenta uma de temperatura ideal: formação de mudas de 26-30°C; aos 90 dias da semeadura (frutificação) de 21°C; após 105 dias (produção) de 19°C e aos 150 dias de 9°C. Com relação a faixa ideal de temperatura para um bom desenvolvimento das plantas de pimentão, PÁDUA *et al.*, (1984); SIVIERO & BERNARDONI (1990) e PEREIRA (1990) concordam que a temperatura deve variar entre 16°C para a mínima e 30°C para a máxima. Já CAMARGO (1984) encontrou valores médios de temperaturas adequadas ao bom desenvolvimento da cultura do pimentão, variando entre 21,1 e 23,8°C, com média das máximas até 26,5°C e das temperaturas mínimas até 18,3°C.

Objetiva-se, neste trabalho, avaliar os elementos climáticos temperatura do ar, umidade relativa do ar, temperatura do solo e fluxo de calor no solo, nas condições de ambiente protegido e campo, em uma noite com ocorrência de geada na cultura do pimentão.

Material e métodos

O experimento foi conduzido na área experimental do Departamento de Recursos Naturais – Setor Ciências Ambientais da Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu, localizada no município de Botucatu, Estado de São Paulo. A área experimental apresenta as seguintes coordenadas geográficas: latitude de 22° 51'S; longitude de 48° 26'W e altitude de 786m.

A área experimental constitui-se de duas parcelas, com dimensões e sentido idênticos, uma conduzida na condição de ambiente protegido e a outra na condição de campo. O ambiente protegido construído foi um tipo arco não-climatizado, com área de 140m², sendo 7,0m de largura por 20,0m de comprimento, com laterais a 2,2m acima do nível do solo e arco central de 4,0m orientado predominantemente no sentido leste-oeste geográfico. O polietileno utili-

zado foi de 100µm de espessura e nas laterais utilizou-se malha preta de polietileno (sombrite) com redução de 50% da radiação solar.

O híbrido do pimentão utilizado foi o Margarita. As plantas de pimentão foram conduzidas com crescimento livre (sem poda) e a técnica utilizada no tutoramento das plantas foi espaldeira simples. O sistema de irrigação utilizado foi o de tubos gotejadores, trabalhando com 5,0m.c.a. (metros de coluna d'água) e vazão por gotejador de 1,0L h⁻¹.

Foram instalados a 2 metros de altura dois sensores eletrônicos marca Vaisala, modelo HMP45C, um na condição de ambiente protegido e outro na condição de campo. Esses sensores fornecem medidas de temperatura do ar em °C e de umidade relativa do ar em %. O sensor Vaisala foi instalado em um abrigo evitando assim a incidência de radiação solar direta e da chuva sobre o sensor.

A temperatura do solo foi monitorada por dois sensores eletrônicos CSI modelo 107B, instalados a 0,1 m de profundidade, sendo instalados na linha central de plantio, um na condição de ambiente protegido e outro na condição de campo. Os sensores fornecem as medidas de temperatura do solo em °C.

O fluxo de calor no solo foi medido por dois fluxímetros REBS modelo HFT-3, instalados a 0,02 m de profundidade na linha central de plantio, um na condição de campo e outro na condição de ambiente protegido.

Resultados e discussão

O dia 17-07-00 foi o que apresentou as menores temperaturas ao longo do ciclo da cultura de pimentão, com ocorrência do fenômeno da geada. Nesse dia a água do Tanque Classe A do posto meteorológico congelou e a temperatura mínima de relva foi de -4°C, observada em posto meteorológico convencional. Como o pimentão é uma planta tropical, sensível às baixas temperaturas e não tolera geada (TEODORO et al., 1993), os danos causados pelo abaixamento da temperatura do ar só não foram maiores, porque as plantas encontravam-se com 153 dias após o transplântio (DAT), em pleno desenvolvimento vegetativo. Segundo CAMARGO et al., (1993), a suscetibilidade das culturas agrícolas às geadas varia com a espécie e o estágio fenológico das plantas no momento da ocorrência. Outro fator que minimizou os danos causados pelo abaixamento

da temperatura do ar foi utilização de neblinas artificiais a base de óleo, uma medida de combate direto à geada. A nebulização artificial da atmosfera foi realizada no momento da ocorrência da geada, e consiste na aplicação de uma neblina artificial sobre a cultura alterando o balanço de radiação de ondas longas e o gradiente de temperatura.

A variação da temperatura do ar para os dias 16, 17 e 18-07-00 está representada na Figura 1. Observa-se que durante as horas de brilho solar a temperatura do ar, na condição de ambiente protegido, foi superior à encontrada a campo, e na ausência de brilho solar, o inverso aconteceu, sendo superiores os valores encontrados na condição de campo. Esta variação deve-se, entre outros fatores, a um armazenamento de calor que ocorre durante as horas de brilho solar na condição de ambiente protegido, e a uma rápida perda dessa energia, principalmente pelo sombrite lateral, durante a noite. As altas temperaturas observadas durante o dia no interior do ambiente protegido, devem-se à radiação solar (MILLS et al., 1990) e a um gradiente de temperatura do ar que ocorre no interior do ambiente protegido (ALPI & TOGNONI, 1991). Segundo esses autores, os menores valores de temperatura do ar são encontrados próximos ao solo e, à medida que se aproxima do teto, a temperatura do ar atinge seus valores máximos. Como os sensores de temperatura do ar foram instalados a 2 metros do solo, um em cada condição, e durante as horas de brilho solar houve um acúmulo de calor próximo ao teto do ambiente protegido, o

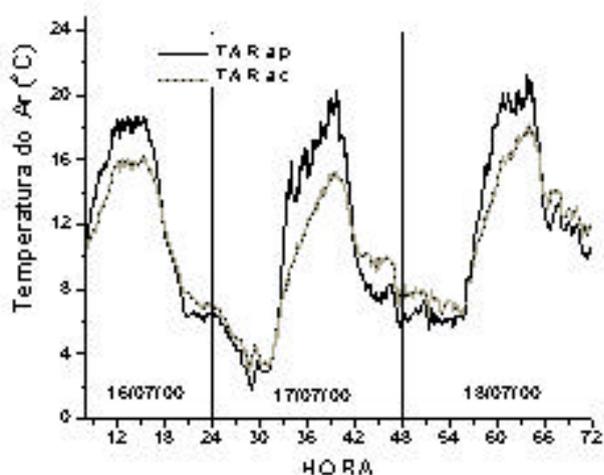


Figura 1. Variação da temperatura do ar para os dias 16, 17 e 18-07-00, nas condições de ambiente protegido (T_{ap}^{AR}) e campo (T_{ac}^{AR}).

sensor registrou temperaturas do ar superiores às encontradas na condição de campo. Durante a noite, toda a energia acumulada nas horas de brilho solar, na condição de ambiente protegido, foi “perdida” rapidamente. Essa perda deve-se à alta transmissividade do polietileno à componente de onda longa, tanto pela cobertura como pelo sombrite. Ficando desta forma a condição de campo com valores superiores, uma vez que a quantidade de radiação solar que atingiu essa condição foi em média, superior em 30% da que atingiu a condição de ambiente protegido, devido à absorção e reflexão do polietileno. CAMACHO *et al.*, (1995) observaram nas condições climáticas de Capão do Leão, RS, valores inferiores de temperatura mínima do ar em condição de ambiente protegido, entre os meses de junho e outubro, denotando a capacidade do ambiente protegido em proporcionar um adequado armazenamento de energia, o que é atribuído à grande transparência do material de cobertura à radiação de onda longa. No caso deste trabalho, além das perdas citadas por CAMACHO *et al.*, (1995) pela cobertura, houve uma grande perda pelas laterais do ambiente protegido, fechado com sombrite.

No dia 17-07-00, a menor temperatura do ar foi encontrada na condição de ambiente protegido, às 5 horas da manhã, 1,86°C. A temperatura mínima do ar na condição de campo ocorreu às 4 horas e 35 minutos e foi de 2,90°C. Observa-se que a temperatura do ar foi 1,04°C inferior no ambiente protegido, e mesmo assim, as plantas que apresentaram as maiores injúrias, relacionados à baixa temperatura, foram as da condição de campo. Em noites de inverno com ausência de vento e de nuvens, a temperatura das folhas chega a ser menor em 5 a 7°C à temperatura do ar.

Na Figura 2, observa-se a curva da umidade relativa do ar para os dias 16, 17 e 18-07-00 nas condições de ambiente protegido (U_{ap}^{AR}) e a campo (U_{ac}^{AR}). No dia 17-07-00, no momento de menor temperatura do ar, a umidade relativa do ar para a condição de ambiente protegido foi 68,31% e para a condição de campo de 65,46%, um aumento de 4,35% na condição de ambiente protegido. Como a condição de ambiente protegido apresentou uma porcentagem maior de umidade relativa, e conseqüentemente, uma maior concentração de vapor d’água, e sendo o vapor d’água o principal absorvente seletivo de radiação, quanto maior a concentração de vapor d’água menor será emissão efetiva do solo.

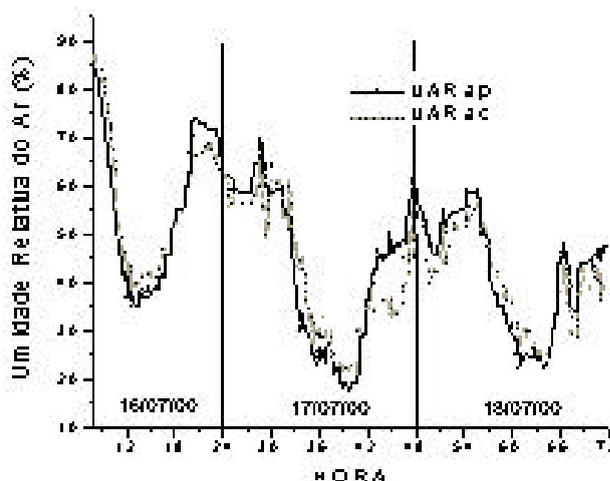


Figura 2. Variação da umidade relativa do ar para os dias 16, 17 e 18-07-00, nas condições de ambiente protegido (U_{ap}^{AR}) e campo (U_{ac}^{AR}).

A variação da temperatura do solo nos dias 16, 17 e 18-07-00 nas condições de ambiente protegido (T_{ap}^S) e campo (T_{ac}^S), está representada na Figura 3. Os valores encontrados para a temperatura do solo no momento de menor temperatura do ar foi de 9,82°C para a condição de campo e de 10,28°C para a condição de ambiente protegido. Observa-se que a variação da temperatura do solo foi semelhante à variação da temperatura do ar, entretanto, a condição de

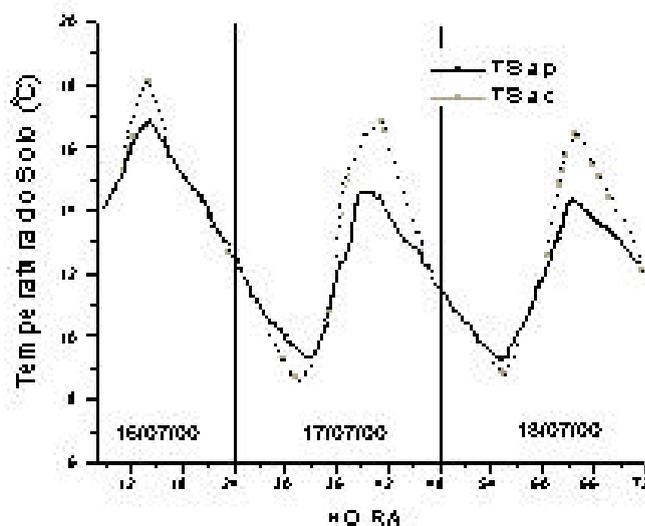


Figura 3. Variação da temperatura do solo nos dias 16, 17 e 18-07-00, para as condições de ambiente protegido (T_{ap}^S) e campo (T_{ac}^S).

ambiente protegido apresentou valores superiores aos encontrados a campo no período noturno, e durante as horas de brilho solar, os maiores valores foram encontrados na condição de campo. Durante as horas de brilho solar, esta variação deve-se principalmente a dois fatores. Primeiro, a quantidade de radiação que chega no ambiente protegido é, em média, 30% menor da radiação que chega a campo, devido à reflexão e à absorção do material da cobertura plástica. Segundo, as plantas da cultura do pimentão no ambiente protegido apresentaram um maior desenvolvimento vegetativo, maior índice de área foliar (Figura 4), maior superfície de solo sombreada pela cultura e, conseqüentemente, menor temperatura do solo, que é em grande parte influenciada pela alteração da intensidade de radiação solar. Durante a noite, ausência de brilho solar, a emissão efetiva de radiação de ondas longas (perda de calor) é maior na condição de campo. Isso se deve a uma maior movimentação do ar na condição de campo (Figura 6) quando comparada à condição de ambiente protegido, que retira o calor das regiões próximas às plantas, fazendo com que o solo emita mais onda longa (calor) para compensar esse desequilíbrio. Outro fator que justifica essas maiores perdas, está relacionado com o desenvolvimento vegetativo. Como as plantas do ambiente protegido apresentaram maior desenvolvimento vegetativo, conseqüentemente uma maior superfície de solo foi sombreada pela cultura. Isto significa que, a emissão de calor (onda longa) proveniente do solo, foi refletida e absorvida com maior intensidade pelo dossel da cultura e pela própria cobertura de

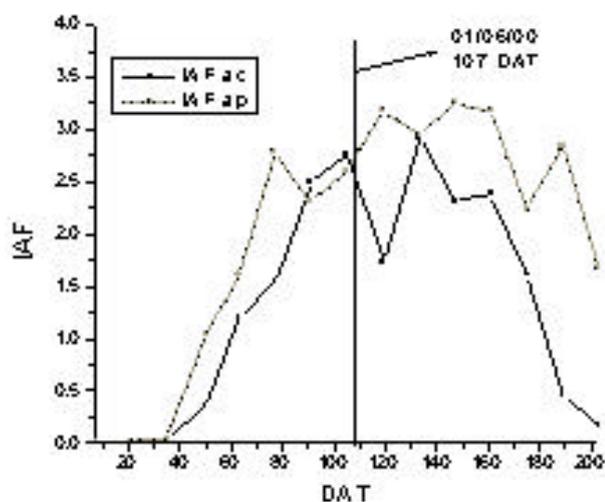


Figura 4. Índice de área foliar para as condições de ambiente protegido (I_{ap}^{AF}) e campo (I_{ac}^{AF}).

polietileno. Dentro do ambiente protegido, a emissão de calor proveniente do solo, foi absorvida e refletida pela cultura e pelo polietileno sucessivamente, até que os processos de reflexão e absorção pela cobertura, superfície e dossel da cultura tornaram-se desprezíveis. Esses fatores fizeram com que a condição de ambiente protegido apresentasse um menor gradiente de temperatura do solo, e conseqüentemente, uma condição mais adequada para o desenvolvimento das plantas dessa condição, fazendo com que estas plantas sofressem menos os efeitos da geada.

O fluxo de calor no solo (FCS) está representado na Figura 5, na qual se observa sua variação nos dias 16, 17 e 18-07-00, nas condições de ambiente protegido (FCS_{ap}) e campo (FCS_{ac}). O gráfico mostra que, durante as horas de brilho solar, os valores do FCS não negativos, representando entrada de calor no solo, e a condição de campo apresentou um maior fluxo de calor no solo, uma maior entrada de calor, conseqüentemente, uma maior temperatura do solo diurna. Durante a ausência de brilho solar, os valores são positivos, e representam perdas de calor do solo, e as maiores perdas ocorreram na condição de campo, como discutido na temperatura do solo. Devido a um menor gradiente de FCS, na condição de ambiente protegido, graças à contra-irradiação do polietileno e da própria cultura, há uma condição mais adequada para o desenvolvimento da cultura, e menores danos causados às plantas dessa condição.

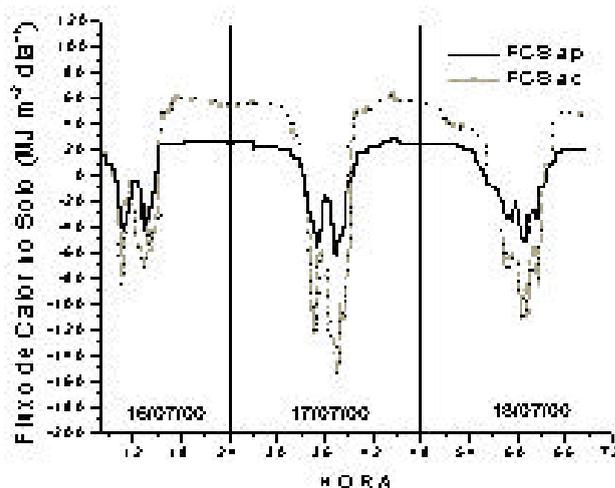


Figura 5. Variação do fluxo de calor no solo para os dias 16, 17 e 18/07/00, nas condições de ambiente protegido (FCS_{ap}) e campo (FCS_{ac}).

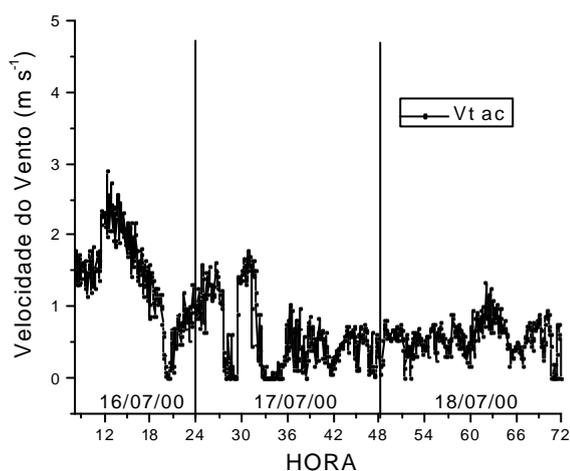


Figura 6. Variação da velocidade do vento na condição de campo (Vt_{ac}), para os dias 16, 17 e 18/07/00.

A variação da velocidade do vento para os dias 16, 17 e 18-07-00, na condição de campo, está representada na Figura 6. Os dados de velocidade do vento foram obtidos a 2 metros de altura no posto meteorológico do Departamento de Recursos Naturais – Setor Ciências Ambientais. Segundo CUNHA (2001) e GALVANI (2001), a velocidade do vento no ambiente protegido é em média 5,24% e 5,73%, respectivamente, da encontrada na condição de campo. Como a velocidade do vento, no período de menor temperatura do ar, foi em média de $0,14\text{ m s}^{-1}$ na condição de campo, é de se esperar que, para a condição de ambiente protegido, tenha ocorrido 5% desse vento. Isto quer dizer que, praticamente não houve vento, na condição de ambiente protegido, no momento da geada.

Conclusões

Com base nos resultados obtidos e analisados em uma noite de geada na cultura do pimentão (híbrido Margarita), pode ser concluído que:

- Em noites com ocorrência de geadas o ambiente protegido não apresenta efeito térmico desejado, estando os valores de temperatura mínima do ar na condição de ambiente protegido $1,04\text{ }^{\circ}\text{C}$ inferior àqueles obtidos a campo;
- A umidade relativa do ar no momento da geada é 4,35% maior na condição de ambiente protegido;

- A condição de ambiente protegido apresenta um menor gradiente de temperatura do solo e de fluxo de calor no solo, e conseqüentemente, uma condição mais adequada para o desenvolvimento das plantas dessa condição.

Referências bibliográficas

- ALPI, A.; TOGNONI, F. **Cultivo em invernadero** 3. ed., Madri: Ediciones Mundi-Prensa, 1991. 347 p.
- CAMACHO, M.J. et al. 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. 448 p.
- CAMARGO, M.B.P. et al. Probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas absolutas mensais e anuais no Estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 52, n. 2, p. 161-168, 1993.
- CUNHA, A.R. **Parâmetros agrometeorológicos de cultura de pimentão (*Capsicum annuum* L.) em ambientes protegido e de campo**. Botucatu: UNESP, 2001. 128 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas - Universidade Estadual Paulista.
- FILGUEIRA, F.E.A.R. **Manual de olericultura** cultivo e comercialização de hortaliças. 2. ed., São Paulo: Agronômica Ceres, 1982. v. 2, 357 p.
- 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: UNESP, 2001. 124 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas - Universidade Estadual Paulista.
- 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. 101-105, 1999.
- 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**, Wageningen, n. 281, p. 83-94, 1990.
- PÁDUA, J.G.; CASALI, V.W.D.; PINTO, C.M.F. Efeitos climáticos sobre o pimentão e pimenta. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 10, n. 113, p. 11-3, 1984.

PEREIRA, A.L. **Cultura do pimentão**. Fortaleza: DNOCS, 1990. 49 p.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia: Fundamentos e Aplicações Práticas**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária Ltda, 2002. p. 385-411.

SIVIERO, P.; BERNARDONI, M. Um tutto perperone. **Inf. Agrar.**, v. 46, p. 73-82, 1990.

SONNENBERG, P.E. **Olericultura Especial: 2. Parte**, 2. ed., Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 1981. 143 p.

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.

TIVELLI, S.W. Manejo do ambiente em cultivo protegido. In: GOTO, R., TIVELLI, S.W. (Orgs). **Produção de hortaliças em ambiente protegido: Condições subtropicais**. São Paulo: Editora Unesp, 1998, p. 15-30.