

AVALIAÇÃO DO CONTROLE DE TEMPERATURA NO INTERIOR DE AMBIENTES PROTEGIDOS ATRAVÉS DE NEBULIZAÇÃO

Raquel Aparecida FURLAN¹, Fabiano Chaves da SILVA², Marcos Vinícius FOLEGATTI³

RESUMO

Com o objetivo de avaliar o efeito de sistemas de resfriamento do ar, usando sistema de nebulização com água à temperatura ambiente, analisando a distribuição da temperatura no sentido horizontal através de isotermas e o gradiente vertical de temperatura em ambiente protegido com aeração estática sobre solo nu, este trabalho foi realizado na área experimental do Departamento de Engenharia Rural, da ESALQ/USP em Piracicaba, SP. O ambiente protegido foi instalado no sentido leste-oeste, tendo tamanho de 6,4 m de largura por 17,5 m de comprimento. Para caracterizar a distribuição espacial da temperatura (em graus centígrados) no interior do ambiente protegido, foram instalados termopares (cobre-constantã), formando malhas, com espaçamento horizontal entre eles de 3m e nas alturas de 0,5m, 1,0m, 2m, 3m e 4m em relação ao solo, constituindo um conjunto de 64 pontos de amostragem.. Os dados foram acumulados e armazenados a cada 30 minutos por um “datalogger” (modelo: CR10) e dois multiplexadores.

A homogeneização da temperatura no interior do ambiente protegido através de nebulização, pôde ser visualizado através de isotermas. Na altura de 0,5 m acima do nível do solo houve menor efeito da nebulização na homogeneização de temperatura.

Palavras-Chave: isotermas, gradiente de temperatura, ambiente protegido.

INTRODUÇÃO

Garantir as condições microclimáticas favoráveis em ambientes protegidos, sobretudo no verão é um importante aspecto em vários países do mediterrâneo e países de regiões tropicais e subtropicais. No Brasil, em regiões como sul e sudeste, principalmente São Paulo, tem ocorrido grande interesse de produtores em busca de novas tecnologias na área de cultivos em ambiente protegido.

O cultivo em ambientes protegidos tem se mostrado vantajoso, melhorando a produtividade e a qualidade dos produtos, permitindo uma produção fora de épocas convencionais e garantindo um melhor preço.

¹ Eng. Agrônomo, MsC, Doutoranda, Bolsista CAPES, DER/ESALQ/USP, e-mail: rafurlan@carpa.ciagri.usp.br

² Eng. Agrônomo, MsC, Doutorando, Bolsista FAPESP, DER/ESALQ/USP, e-mail: fcdsilva@carpa.ciagri.usp.br

³ Prof. Assoc., Dr. – DER/ESALQ/USP, e-mail: mvfolega@carpa.ciagri.usp.br

Um problema a ser estudado sobre o cultivo em ambiente protegido nas regiões tropicais e subtropicais é a atenuação de altas temperaturas que são prejudiciais ao crescimento e produção das culturas. Em geral, altas temperaturas do ar no interior de ambientes protegidos diminuem o rendimento e qualidade dos vegetais, chegando a produzir, em alguns casos extremos, a morte de plantas (⁴ Berninger (1989), citado por Francescangeli et al. (1994)).

O sistema de resfriamento por evaporação da água reduz a temperatura no interior do ambiente protegido, devido a troca do calor sensível por calor latente aumentando a quantidade de vapor d'água (Montero et al., 1990).

A principal vantagem do sistema de resfriamento por nebulização é a uniformidade do resfriamento em todo o ambiente, eliminando a necessidade de ventilação de ar forçada e resultando em um resfriamento mais efetivo e de fácil adaptação em ambiente protegido. Entretanto, apresentam as desvantagens de ter um custo de instalação alta, necessidade do uso de água de qualidade excelente e aumento do problema de ferrugem na estrutura e equipamentos do ambiente protegido. Montero & Antón (1994), salientam também que o tamanho da gota é muito importante e deve ter no máximo cerca de 10 microns de diâmetro para evitar o problema de molhamento das plantas.

Para caracterizar a distribuição de temperatura em ambiente protegido, Baeten et al. (1985), propuseram um método de cálculo por meio de vários pontos de amostragem e representação por meio de isotermas. Esse método foi aplicado em planos horizontais em diferentes alturas em todo ambiente protegido. A distribuição de temperatura foi apresentada e discutida permitindo obter uma melhor visão da flutuação de temperatura no ambiente protegido.

Buriol et al. (1997) determinaram o gradiente térmico vertical no interior de ambientes protegidos. Para tanto, foram utilizadas dois ambientes protegidos de 10m de largura por 24m de comprimento, com 3m de altura na parte central e 2m de pé direito. A temperatura foi medida com sensores instalados nos níveis de 20, 60 e 200 cm acima do nível do solo na cultura da alface e do tomate. Calcularam-se os valores médios a cada duas horas, da temperatura do ar nas três alturas medidas. Os resultados mostraram que no interior dos ambientes protegidos, durante o período diurno, ocorreu um aumento da temperatura do ar com a altura, enquanto que no período noturno não se verificou, como seria esperado, a ocorrência de inversão térmica. Este comportamento foi observado tanto em cultura de porte baixo (alface), quanto em cultura de maior porte (tomate).

O objetivo desse trabalho foi o de avaliar o efeito de sistemas de resfriamento do ar, usando sistema de nebulização com água a temperatura ambiente, visualizando a distribuição da

⁴BERNINGER, E. Cultures florales de serre en zone mediterraneenne francaise. Edit. INRA-PHM Revue Horticole, 1989. 206 p.

temperatura na direção horizontal e verificar o gradiente vertical de temperatura, com e sem nebulização em ambiente protegido com aeração estática sobre solo nu.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado na área experimental do Departamento de Engenharia Rural, da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, situada no município de Piracicaba-SP, cujas coordenadas geográficas são: Latitude 22°42’00” S, Longitude 47°38’00” W e altitude de 520 metros. Segundo a classificação climática de Köppen, Piracicaba possui clima CWa, ou seja, subtropical úmido, com estiagem no inverno e com temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C e no mês mais quente superior a 22°C. O solo do local do experimento é classificado como Terra Roxa Estruturada (Alfisol), série Luiz de Queiroz.

O ambiente protegido foi instalado no sentido leste-oeste, tendo as seguintes características: tamanho de 6,4 m de largura por 17,5 m de comprimento; estrutura pré fabricadas de ferro galvanizado; pé direito de 3,0 m; altura total de 4,2m; área total de 560 m²; espessura do plástico de 150 micra; filmes plásticos em PVC SANSY com tratamento contra raios ultra violeta; janelas zenitais de abertura longitudinal de 1,50m de largura e comprimento de 17,5m, fechada com tela de malha 30%; janelas laterais fechadas com sombrite à 60% e plástico removível.

Com o propósito de caracterizar e avaliar um sistema de resfriamento da temperatura do ar por nebulização no interior de um ambiente protegido, através de isotermas, foi realizada uma amostragem sistemática pelo uso de um certo número de termopares regularmente distribuídos nas três direções do espaço (x, y e z). Foram instalados termopares com espaçamento horizontal entre eles de 3m e nas alturas de 0,5m, 1,0m, 2m, 3m e 4m em relação ao nível do solo. Os termopares eram constituídos de fios de cobre e constantã.

A figura 1 mostra a representação esquemática da localização das 18 estacas de sustentação dos termopares na direção horizontal e a figura 2 a dos termopares na direção vertical.

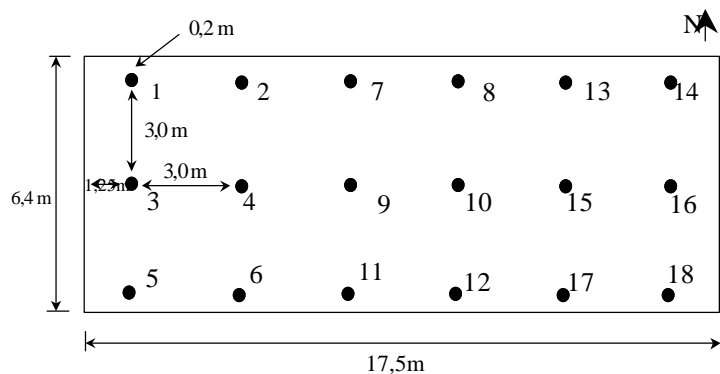


Figura 1. Representação esquemática da localização das estacas sustentadoras dos termopares na direção horizontal.

Em cada um dos pontos plotados na figura 1, temos termopares a diferentes alturas, como descrito anteriormente e visualizado na figura 2.

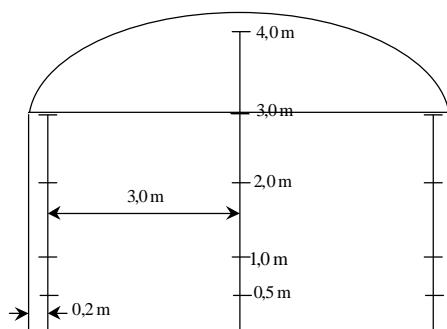


Figura 2. Representação esquemática da localização dos termopares na direção vertical.

Um coletor de dados “datalogger” (modelo: CR10) e dois multiplexadores fabricado pela empresa Campbell Scientific, foram utilizados com o propósito de mensurar e armazenar o sinal dos termopares instalados no local, com leituras a cada segundo acumuladas a cada 30 minutos.

Para a determinação do gradiente térmico vertical no interior do ambiente protegido, utilizou-se a média de 4 pontos de amostragem para cada uma das 5 alturas acima do nível do solo (0,5; 1,0; 2,0; 3,0 e 4,0m). Os pontos amostrados corresponderam aos termopares instalados nas estacas 4, 9, 10 e 15, localizados na parte central do ambiente protegido (figura 1).

Dentro da estufa foram coletados dados dos dias 28 e 29 de abril de 1999, em 64 pontos de amostragem para a formação da malha e caracterização das isotermas. Os dias 28 e 29 de abril foram dias claros de céu aberto.

Foi aplicado a nebulização no dia 29 às 12:00h, permanecendo o nebulizador ligado por 30 minutos. A temperatura da água aspergida era de 25°C. Os dados foram coletados em ambientes protegidos com o solo nu. Para se evitar o efeito do vento no resfriamento do ambiente protegido, todas as cortinas laterais e a janela zenital foram fechadas.

O sistema de nebulização constituiu de duas linhas com 70 bocais totais, instalados à uma altura de 3m. No sistema, foi aplicado uma pressão de 20 m.c.a..

Uma representação gráfica simples das temperaturas coletadas, consistiu em se plotar cada dado observado e construir superfícies isotérmicas a partir destes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período noturno, verificou-se que no interior do ambiente protegido, ocorreu uma pequena diminuição de temperatura do ar com a altura (figura 3A) e no período diurno, ocorreu o fato contrário, com temperaturas em elevação a medida que se aumentou a distância em relação ao nível do solo (figura 3B). Como era de se esperar, houve inversão térmica no período noturno. No

período diurno houve maior concentração da camada de ar mais quente no topo do ambiente protegido. Buriol et al (1997) encontraram resultados semelhantes em relação ao perfil vertical de distribuição de temperatura durante o período diurno com as culturas da alface e do tomate.

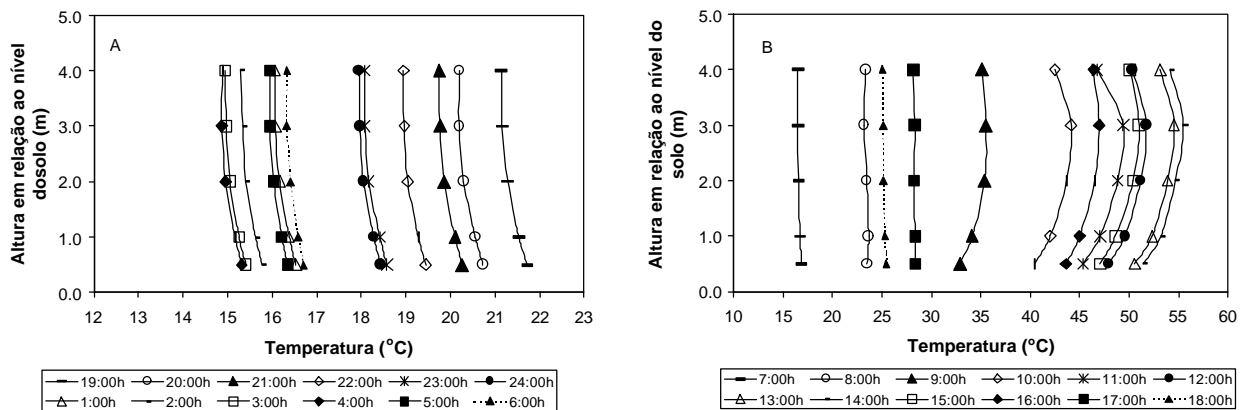


Figura 3. Perfil de distribuição de temperatura no interior do ambiente protegido para o dia 28 de abril, no período noturno (A) e diurno (B)

No processo de evaporação ocorre redução da temperatura devido a troca do calor sensível pelo calor latente. A nebulização do ambiente, resultou em um abaixamento considerável da temperatura do ar (figura 4). Este abaixamento de temperatura provocado pela nebulização da água no ar do interior do ambiente protegido durante 30 minutos foi, em média, de cerca de 12%. Logo após a interrupção da nebulização houve aumento da temperatura do ar no ambiente protegido, conforme esperado. A nebulização não afetou o gradiente de temperatura em relação ao nível do solo, que manteve a mesma tendência. O efeito do abaixamento de temperatura pelo sistema de nebulização somente foi eficaz durante a realização da mesma.

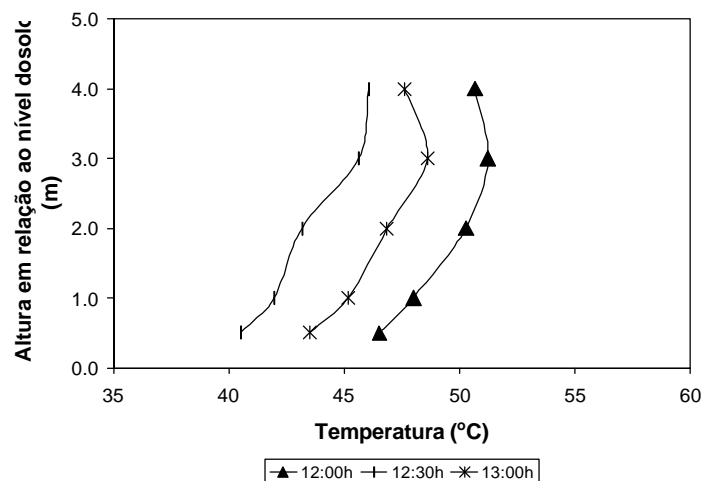


Figura 4. Perfil de distribuição de temperatura no dia 29 de abril, antes e depois da nebulização

As distribuições de temperatura à 0,5m, 2m e a 3m de altura em relação ao nível do solo no interior do ambiente protegido são apresentadas na figura 5. As figuras 5A e 5D representam a distribuição da temperatura à 0,5m de altura em relação ao nível do solo e as figuras 5B e 5E e as

figuras 5C e 5F, representam as isotermas referentes as alturas de 2 e 3 metros respectivamente. As figuras A, B e C apresentam o perfil de temperatura antes da nebulização (12:00h) e as figuras D, E e F apresentam a distribuição da temperatura após a nebulização com valores médios de temperatura coletados durante este processo.

Pode-se verificar através das figuras que a nebulização teve um maior efeito na homogeneização da distribuição de temperatura no interior do ambiente protegido nos níveis referentes à 2m e à 3m de altura em relação ao solo. O sistema de nebulização teve menor influência na distribuição de temperatura à 0,5m. Houve um maior efeito de homogeneização do ambiente pela nebulização à 2m de altura e à 3m (figuras 5E e 5F). Foi observado um maior aquecimento do ambiente protegido no lado norte, devido à inclinação solar desta época do ano. As altas temperaturas ocorreram pelo fato de todas as cortinas do ambiente protegido estarem fechadas para se evitar o efeito do resfriamento do ar pela circulação de vento, interferindo na análise do efeito da nebulização.

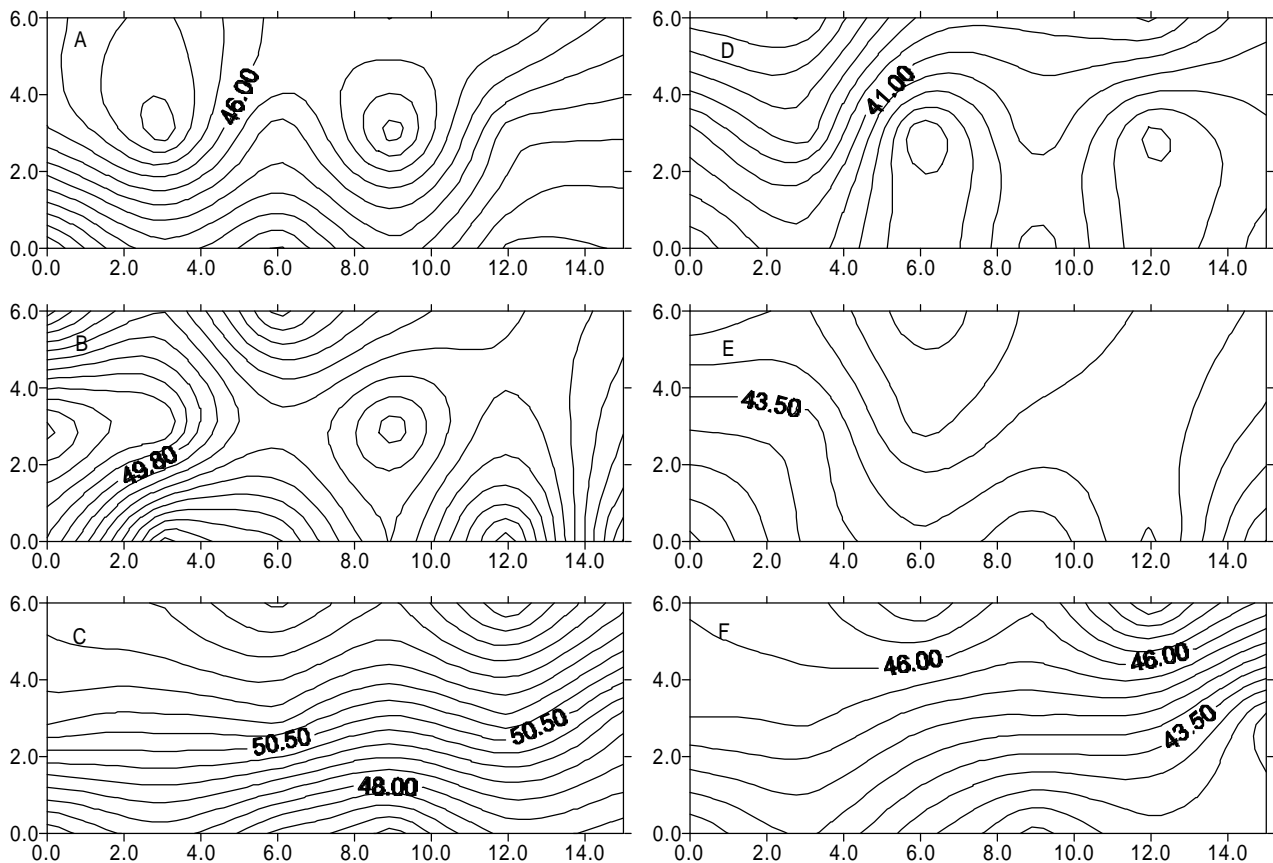


Figura 5. Isotermas de distribuição de temperatura no interior do ambiente protegido para o dia 29 de abril, antes (A, B, C) e após (D, E, F) a nebulização, a 0,5m acima do nível do solo (A e D), a 2,0m (B e E) e a 3,0m acima do nível do solo (C e F).

CONCLUSÕES

A nebulização em ambientes protegidos mostrou-se eficaz no processo de redução de temperaturas durante a mesma.

A visualização da distribuição da temperatura por meio de isotermas proporcionou uma maior representatividade e uma visão global do processo.

BIBLIOGRAFIA

- BAETEN, S.; VERLODT, H.; EL FAHEN, S.; HARBAOUI, Y. Visualization of temperature distribution in PE greenhouses with static aeration. **Acta Horticulturae**, v. 170, p.173-184, 1985.
- BURIOL, G. A.; HELDWEIN, A. B.; STRECK, N. A.; SCHNEIDER, F. M.; ESTEFANEL, V.; DALMAGO, G. A. Gradiente vertical de temperatura do ar no interior de estufas plásticas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10, Piracicaba, SP. **Anais....** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia. P. 471-472, 1997.
- FRANCESANGELI, N.; FERRATO, J.; ROSANIA, A.; LEVIT, H. Efecto del branqueado, sombreado y aspersion de água sobre techo, en la temperatura y otros parametros climáticos en invernaderos, durante el período estival. **Acta Horticulturae**, v. 357, p.269-294, 1994.
- MONTERO, J. I.; ANTÓN, A.; BIEL, C.; FRANQUET, A. Cooling of greenhouse with compressed air fogging nozzles. **Acta Horticulturae**, v. 281, p.199-209, 1990.
- MONTERO, J. I.; ANTÓN, A. Greenhouse cooling during warm periods. **Acta Horticulturae**, v. 357, p.49-61, 1994.