

ISSN 0104-1347

## Tecnologia para diminuir as temperaturas elevadas no interior de estufas plásticas<sup>1</sup>

### Technology to decrease high air temperatures inside plastic greenhouses

Luciano Streck<sup>2</sup>, Flavio Miguel Schneider<sup>3</sup>, Ivonete Fátima Tazzo<sup>4</sup>, Galileo Adeli Burio<sup>5</sup>, Arno Bernardo Heldwein<sup>6</sup> e Fábio Carlet<sup>4</sup>

**Resumo** - Estudou-se o efeito da nebulização e da atenuação da radiação solar pelo branqueamento da cobertura interna da estufa e pelo sombreamento com tela plástica na diminuição das temperaturas diurnas do ar excessivamente elevadas no interior das estufas. O branqueamento da face interna da cobertura plástica foi realizado com uma mistura de 10% de cal apagada em água. O sombreamento consistiu na colocação de uma malha de plástico de cor preta com permeabilidade de 70% a radiação solar, na altura do pé direito da estufa (2,0 m). A nebulização, no interior da estufa, foi realizada com microaspersores a 2,0 m de altura da superfície do solo, espaçados de 2,0 m x 1,5 m entre si, sendo o sistema acionado a intervalos de 15 minutos durante 1, 2 e 4 minutos. Em todas as técnicas testadas observou-se redução na temperatura do ar no interior da estufa. Apesar da redução térmica ser expressiva, em dias críticos com temperaturas excessivas, mesmo com a utilização dessas técnicas não foi possível atingir uma redução para valores da faixa ótima para os cultivos, que para a maioria das culturas encontra-se em torno de 30°C. Um aspecto relevante das técnicas de branqueamento e sombreamento foi a redução substancial de energia solar incidente. A área de ventilação teve efeito positivo na eficiência das técnicas.

**Palavras-chave:** plasticultura, temperaturas máximas, branqueamento da cobertura plástica, sombreamento, nebulização.

**Abstract** - The diurnal air temperature inside low density polyethylene plastic greenhouses in the Santa Maria/RS/Brazil region are frequently harmful to plant growth and to the health of the workers. This investigation aimed to test a technology to decrease the harmful air temperature inside a plastic greenhouse and to evaluate the effect of whitewash and shading techniques on the solar energy availability inside of the greenhouse. The techniques of whitewash, shading and fog system were tested. The whitewash technique consisted of spraying the inner roof with the mixture of 10% of burned lime in water. For shading, a black screen with 70% transmissivity was installed at 2.0 m height. The other technique was the fog system, where five pipe lines were used. Every line had 16 fogger points distant 1.5 m one from each other. The fog system was activated every 15 minutes during the day and worked during 1, 2 and 4 minutes. A temperature inside the greenhouse was reduced in all three systems. However, even though the reduction in temperature was significant, on the days which the air temperature was higher than 30°C the techniques were not able to keep the temperature close to the optimal level for the crop growth. A relevant aspect of shading and whitewash techniques was the substantial reduction in solar radiation. The greenhouse ventilation area had a positive effect on the efficiency of the techniques.

**Key words:** Plasticulture, maximum air temperature, shading, plastic whitewash, fog system.

<sup>1</sup>Trabalho financiado pela FAPERGS.

<sup>2</sup>Engenheiro Agrônomo, doutorando do curso de Pós-Graduação em Agronomia, CCR/UFMS.

<sup>3</sup>Engenheiro Agrônomo, Mestre, professor do Departamento de Fitotecnia, CCR/UFMS. 97105-900, Santa Maria, RS. [fmschneider@ccr.ufsm.br](mailto:fmschneider@ccr.ufsm.br)

<sup>4</sup>Engenheiro Agrônomo, CCR/UFMS, bolsista de iniciação científica FAPERGS.

<sup>5</sup>Engenheiro Agrônomo, Dr., professor aposentado do Departamento de Fitotecnia, CCR/UFMS. Bolsista do CNPq.

<sup>6</sup>Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor do Departamento de Fitotecnia, CCR/UFMS. Bolsista do CNPq. Email: [heldwein@ccr.ufsm.br](mailto:heldwein@ccr.ufsm.br).

## Introdução

No interior das estufas plásticas nos meses de outono e de primavera na região de Santa Maria, Estado do Rio Grande do Sul, freqüentemente ocorrem temperaturas diurnas acima de 30°C (SCHNEIDER *et al.*, 1998). Este valor é superior à temperatura ótima de crescimento dos cultivos como o tomateiro, pepineiro, beringela e pimentão (CERMEÑO, 1990) e ainda é prejudicial à saúde dos trabalhadores.

Nos momentos em que ocorre alta demanda hídrica e elevada temperatura do ar as plantas evitam a perda excessiva de água pelo fechamento dos estômatos. Porém a diminuição da transpiração resulta em aquecimento das folhas e das demais superfícies absorvedoras de radiação solar e, conseqüentemente, também do ar próximo às folhas.

A radiação solar incidente e a ventilação são fatores importantes responsáveis pelas variações da temperatura e umidade relativa do ar e da concentração de gás carbônico no interior das estufas. O aumento da ventilação natural em função de uma maior área de abertura da estufa resulta numa diminuição da temperatura interna do ar. O efeito é mais importante quando o ar do interior é eliminado através de janelas zenitais (FURLAN & FOLEGATTI, 2001). Em experimento conduzido em estufa plástica com ventilação natural e nebulização FURLAN *et al.* (2001) constataram que a associação da nebulização com ventilação natural pelo manejo de cortinas resultou em redução na temperatura do ar no seu interior.

Quanto ao efeito da velocidade do vento sobre as temperaturas do ar excessivamente elevadas em ambientes protegidos a literatura é escassa e os resultados são subjetivos. FARIAS *et al.* (1993) adotaram para fins práticos que os valores de velocidade do vento no interior das estufas plásticas, quando com as laterais abertas, seriam da ordem de 5% em relação ao exterior. Desta forma a eliminação de calor do interior das estufas por ventilação natural é insuficiente para promover o abaixamento da temperatura a valores ótimos para o crescimento das plantas. Isto se torna mais grave quando a área das aberturas de ventilação é pequena. Conseqüentemente, no interior das estufas é freqüente a ocorrência de temperaturas diurnas acima de 30°C, mesmo com as portas e cortinas laterais de ventilação abertas.

As temperaturas excessivamente altas são um dos principais problemas da plasticultura nas regiões subtropicais e tropicais. Entretanto a refrigeração das estufas requer a conciliação de outras técnicas junto à ventilação natural. Isso resulta na adoção de investimentos em instalações e equipamentos, os quais podem tornar essa atividade economicamente inviável (GONZALEZ & CAMACHO, 1995).

Em Santa Maria e na região central do Rio Grande do Sul, as técnicas mais utilizadas para reduzir a temperatura do ar no interior das estufas são baseadas na diminuição da radiação solar incidente através do sombreamento e do branqueamento<sup>6</sup>. Outra técnica passível de uso e menos difundida é a retirada de energia do interior da estufa pela evaporação de água, a qual é distribuída na forma de pequenas gotículas através da nebulização. O processo baseia-se nas propriedades físicas da água, cujo calor latente de evaporação é elevado ( $\approx 590 \text{ cal.ml}^{-1}$ ), resultando em resfriamento, o qual pode ser tanto maior quanto maior for o déficit de saturação de vapor d'água do ar (ANDRIOLO, 1999).

As técnicas mencionadas para diminuir as elevadas temperaturas do ar no interior das estufas já estão sendo utilizadas por agricultores do Estado do Rio Grande do Sul. Entretanto ainda não existem estudos quantificando a eficiência das mesmas no abaixamento da temperatura do ar. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi estudar a eficiência das tecnologias do branqueamento da cobertura interna da estufa, do sombreamento com tela plástica e da nebulização para diminuir as temperaturas diurnas excessivamente elevadas no interior das estufas nas condições de ventilação natural em Santa Maria, RS.

## Material e métodos

Os experimentos foram realizados nos meses de verão de 1997/1998, 1998/1999 e 1999/2000. Utilizaram-se estufas plásticas instaladas no campo experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria-RS, (latitude: 29°41'S, longitude: 53°48'W e altitude: 96 m). As estufas possuíam 10 m de largura, 24 m de comprimento, pé direito e cumeeira com 2,0 e 3,0 m de altura, respectivamente e estavam orientadas no sentido norte-sul. A cobertura, as laterais e as frontais eram de polietileno transparente de baixa densidade

<sup>6</sup>Informação obtida através da EMATER

(PEBD), com 100  $\mu\text{m}$  de espessura. Possuíam portas frontais de 5,0  $\text{m}^2$ , aberturas laterais de 1,1 m de altura e 24 m de comprimento em forma de cortinas, com o filme plástico fixado na extremidade superior do pé direito e uma saia fixa de 0,8 m de altura de PEBD, desde o nível do solo. Durante os experimentos as estufas permaneceram sem cultivo e o solo coberto com filme plástico transparente, em processo de solarização.

O manejo para ventilação natural das estufas constou da abertura das cortinas laterais e das portas frontais pela manhã em torno de 8 horas e 30 minutos e fechamento à tarde, aproximadamente às 18 horas e 30 minutos.

No verão de 1997/1998 foram utilizadas três estufas. Os tratamentos constaram de duas técnicas de atenuação da radiação solar incidente: o branqueamento da cobertura e o sombreamento com tela plástica. Para o branqueamento pintou-se a face interna da cobertura plástica de uma das estufas com uma mistura de 10% de cal apagada e água. A mistura foi aplicada com o auxílio de uma moto-bomba adaptada para pulverização. Para o sombreamento utilizou-se uma malha de polietileno de cor preta com transmissividade de 70% à radiação solar. A malha possuía 3,0 m de largura e 24,0 m de comprimento e foi instalada na segunda estufa na altura do pé direito no centro de cada meia estufa. A terceira estufa foi utilizada como testemunha.

No verão de 1998/1999 e de 1999/2000 utilizou-se a técnica da nebulização. Foram instaladas 5 linhas de canos de PVC distribuídos longitudinalmente no interior da estufa, a 2,0 m de altura do solo, com 16 microaspersores em cada linha, distantes entre si de 1,5 m. Testou-se diferentes tempos de duração de nebulização em dias consecutivos e distintos. No experimento de 1998/1999 as nebulizações tiveram a duração de 1 e 2 minutos e no ano de 1999/2000 a duração de 2 e 4 minutos. Os intervalos entre as nebulizações foram de 15 minutos nos dois períodos experimentais, sendo as nebulizações iniciadas a partir das 10 horas e cessadas às 16 horas do dia.

No experimento de 1999/2000, na estufa com nebulização, construiu-se uma janela de 1,0  $\text{m}^2$  logo abaixo da cumeeira na parte superior das duas faces frontais, visando aumentar a ventilação. Determinou-se a temperatura do ar também sem o acionamento da nebulização.

A temperatura e umidade relativa do ar foram obtidas por termohigrógrafos instalados no inte-

rior de mini-abrigos localizados no centro das estufas, a 1,5 m da superfície do solo. No período da nebulização realizada em 1999/2000 utilizaram-se dois termohigrógrafos em cada estufa, a 1,5 e a 2,5 m acima do nível do solo, respectivamente. Nos tratamentos de 1997/1998 e 1998/1999 determinou-se também a intensidade luminosa e a densidade do fluxo de radiação solar global incidente no interior e exterior das estufas. As medidas foram realizadas utilizando-se radiômetros da LI-COR, modelo LI-185B e sensores Lambda. As determinações foram realizadas a intervalos de 1 hora, no período das 09 às 17 horas. Com estes dados estimou-se o coeficiente de atenuação da radiação (K), através da relação entre a energia incidente no interior das estufas ( $K_i\downarrow$ ) e no ambiente natural ( $K_e\downarrow$ ).

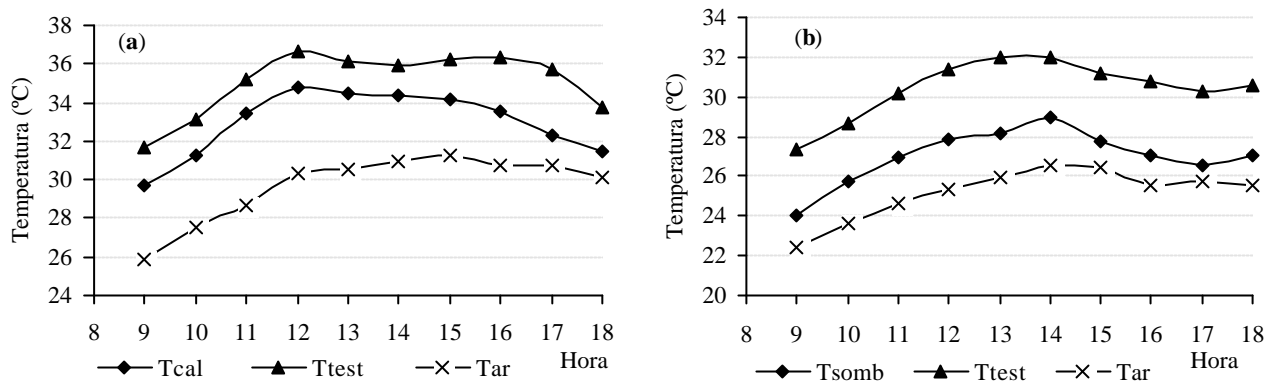
Os dados meteorológicos do ambiente natural foram obtidos na estação climatológica principal de Santa Maria, distante aproximadamente 100 m das estufas plásticas.

## Resultados e discussão

O branqueamento da face interna da cobertura plástica resultou numa redução média da temperatura do ar de 2,0  $^{\circ}\text{C}$  a 3,0  $^{\circ}\text{C}$  em relação àquela registrada na estufa plástica testemunha, nas horas mais quentes do dia (Figura 1a) e o sombreamento com tela plástica, em torno de 3,0  $^{\circ}\text{C}$  (Figura 1b), resultou um pouco superior àquela proporcionado pelo branqueamento da face interna.

Apesar da redução da temperatura do ar ser considerável, em dias com temperaturas diurnas muito elevadas, esses resultados não são satisfatórios para que o ambiente da estufa permaneça com temperatura na faixa ótima para crescimento dos cultivos, ou seja, inferior a 30  $^{\circ}\text{C}$ . Estes resultados são similares aos obtidos por FRANCESCANGELI et al. (1992), na Argentina, com o uso de branqueamento e por Martinez et al. (1987), citado por GONZALEZ & CAMACHO (1995), na Espanha, com a utilização de malha de sombreamento de cor preta.

A luminosidade e a densidade de fluxo de radiação solar global incidente no interior da estufa com tela plástica, naquela com branqueamento da face interna da cobertura e na estufa testemunha foram, respectivamente, em torno de 45%, 43% e 16% menor do que no exterior (Tabela 1). As determinações foram realizadas num dia com céu límpido e conseqüentemente, de elevada disponibilidade de radiação



**Figura 1.** Valores médios horários de temperatura do ar nas estufas com branqueamento da face interna da cobertura plástica (Tcal), no período de 12/01 a 31/01/98 (a), sombreamento com malha de plástico (Tsomb), no período de 29/12/97 a 10/01/98 (b), na estufa testemunha (Ttest) e na estação climatológica principal (Tar), em Santa Maria, RS.

solar. Certamente esses valores de redução da radiação solar não são limitantes em dias límpidos dos meses mais quentes. Porém em dias parcialmente nublados e nublados, os valores de radiação solar podem ser inferiores ao crítico, com isso prejudiciais ao crescimento e rendimento dos cultivos.

O branqueamento da face interna da cobertura e o uso de tela plástica tornam-se prejudiciais nas épocas do ano com temperaturas amenas e menor disponibilidade de radiação solar incidente, principalmente em Santa Maria onde ocorre um número elevado de dias encobertos, sendo os meses mais frios do ano limitantes às culturas (ESTEFANEL *et al.*, 1998). Dessa forma, a cal e a tela plástica devem ser

removidas das estufas o que se torna trabalhoso. Para possibilitar o seu emprego, ANDRIOLO (1999) sugere a instalação de um sistema com tela de sombreamento móvel e o uso de tinta que seja facilmente removível pela água. Desta forma a operacionalização no uso dessas técnicas deve ser levada em consideração.

Com o uso de tela plástica, BOULARD *et al.* (1991) observaram redução significativa da evapotranspiração do tomateiro em função da dependência desta à radiação solar incidente. COCKSHULL *et al.* (1992) também observaram redução na evapotranspiração com a prática da pintura da cobertura plástica com cal. Estes autores constataram ain-

**Tabela 1.** Atenuação da intensidade luminosa (AIS) e da densidade de fluxo de radiação solar global incidente ( $AK\downarrow$ ) determinados no interior das estufas plásticas com branqueamento da face interna da cobertura e sombreamento utilizando tela plástica e da estufa testemunha, no dia 13/01/98, com insolação de 12,1 horas. Santa Maria, RS.

Leitura (horas)	Testemunha	AIS (%)		Testemunha	$AK\downarrow$ (%)	
		Branqueamento	Sombreamento		Branqueamento	Sombreamento
9	17	54	48	19	46	50
10	23	44	64	09	41	61
11	16	40	47	13	39	43
12	14	39	47	11	34	43
13	16	41	49	11	39	47
14	19	45	53	14	43	49
15	30	47	51	26	39	48
16	20	43	29	13	39	19
17	11	48	37	21	47	26
Média	18,4	44,6	47,2	15,2	40,8	42,9

da que a redução na radiação solar no interior das estufas diminuiu o potencial de produção da cultura. A evapotranspiração é um processo pelo qual o calor é dissipado pelo cultivo. Como nas condições do experimento o uso das técnicas citadas resultou em reduzida diminuição das altas temperaturas do ar e ainda considerando que a evapotranspiração é bem menor no interior de estufas plásticas do que no exterior (REISSER Jr., 1991; FARIAS et al., 1994; HELDWEIN et al., 2001), pode-se inferir que a temperatura das plantas venha a ser maior do que a do ar.

Com a utilização da técnica da nebulização por um minuto a intervalos de 15 minutos, a temperatura do ar foi reduzida em média 1,0 °C. Já com a duração de dois minutos e mesmo intervalo entre nebulizações a redução foi em média de 2,2 °C, no período mais quente do dia (Figura 2). Em relação a temperatura externa, o uso desta técnica reduziu pouco a temperatura no interior da estufa plástica.

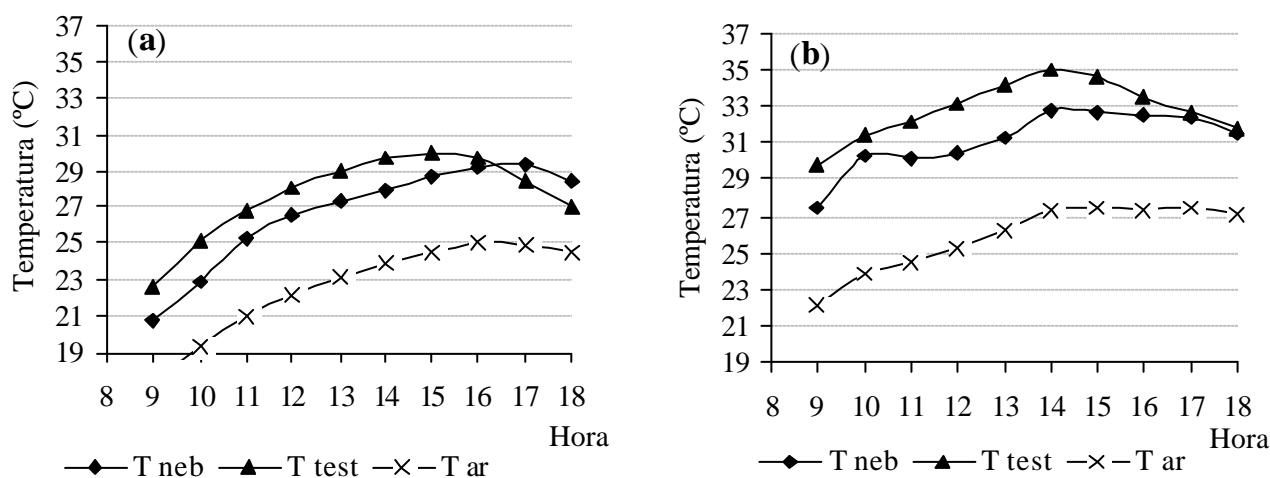
No verão de 1999/2000 com o aumento da área de ventilação na parte superior da estufa, nas horas mais quentes do dia, mesmo sem o acionamento da nebulização, houve redução da temperatura do ar no interior da estufa plástica em relação aquela registrada no interior da estufa testemunha. A redução foi maior na parte inferior da estufa, a 1,5 m de altura, do que na parte superior, a 2,5 m de altura (Figura 3a). Isso se deve, possivelmente, ao deslocamento da massa de ar de níveis inferiores que transfere calor para os níveis

superiores da estufa onde o ar recebe também calor sensível do plástico de cobertura. Nota-se assim o importante efeito convectivo do ar ou efeito termo-sifão descrito por Brun & Lagier (1985) e citados por FURLAN et al. (2001).

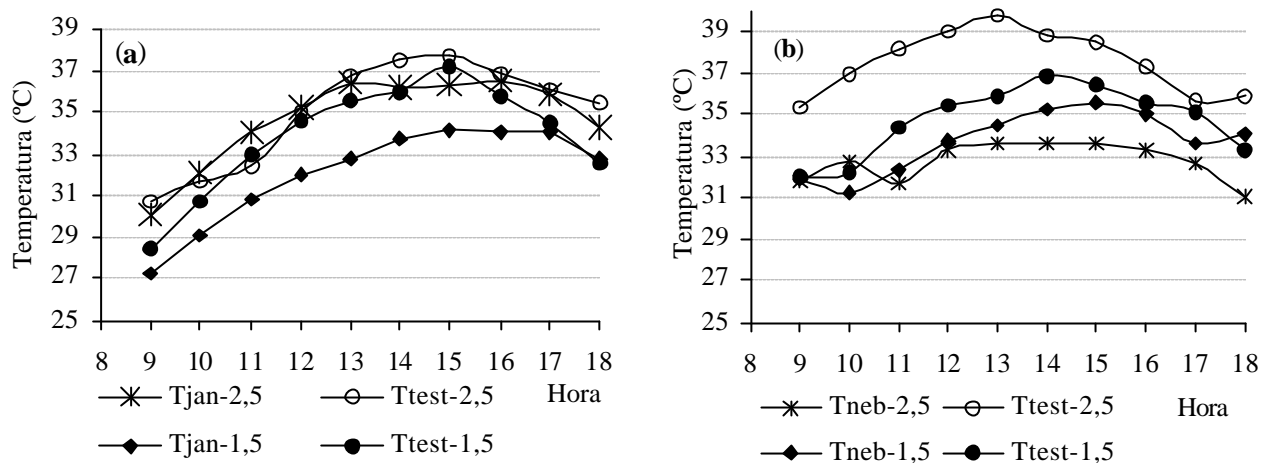
Com a nebulização, os dados registrados nas alturas de 1,5 m e de 2,5 m no interior da estufa mostraram que o aumento da área de ventilação pelo uso de janelas superiores resulta numa diferença importante entre as duas alturas (Figura 3b).

As aberturas zenitais contribuíram para a saída do ar e do vapor d'água que geralmente permanecem estagnados na parte superior da estufa. No entanto, os valores de temperatura do ar e de umidade relativa a 1,5 m permaneceram ainda acima dos valores externos à estufa plástica e acima dos valores observados a 2,5 m de altura, tanto nas nebulizações com duração de 2 minutos quanto nas de 4 minutos (Figura 4). Nas nebulizações com duração de 2 minutos ocorreu uma redução média de temperatura do ar de 1,5 °C e 5,5 °C para as alturas de 1,5 m e 2,5 m, respectivamente e com duração de 4 minutos a redução média foi de 2,1 °C e 5,6 °C para as alturas de 1,5 m e 2,5 m, respectivamente. Observa-se ainda que a diminuição da temperatura do ar a 1,5 m foi similar a das nebulizações do período 1998/1999, não confirmando a hipótese de maior redução na temperatura do ar em função do aumento do tempo de nebulização.

As nebulizações com maior duração resultaram em maior molhamento da superfície da estufa,



**Figura 2** Valores médios horários de temperatura do ar no interior das estufas plásticas com a utilização de nebulização (Tneb) a intervalos de 15 minutos com duração de 1 minuto (a) e de 2 minutos (b), estufa testemunha Ttest; ambiente externo (Tar), no período de 13/11 a 26/12/98, em Santa Maria, RS.



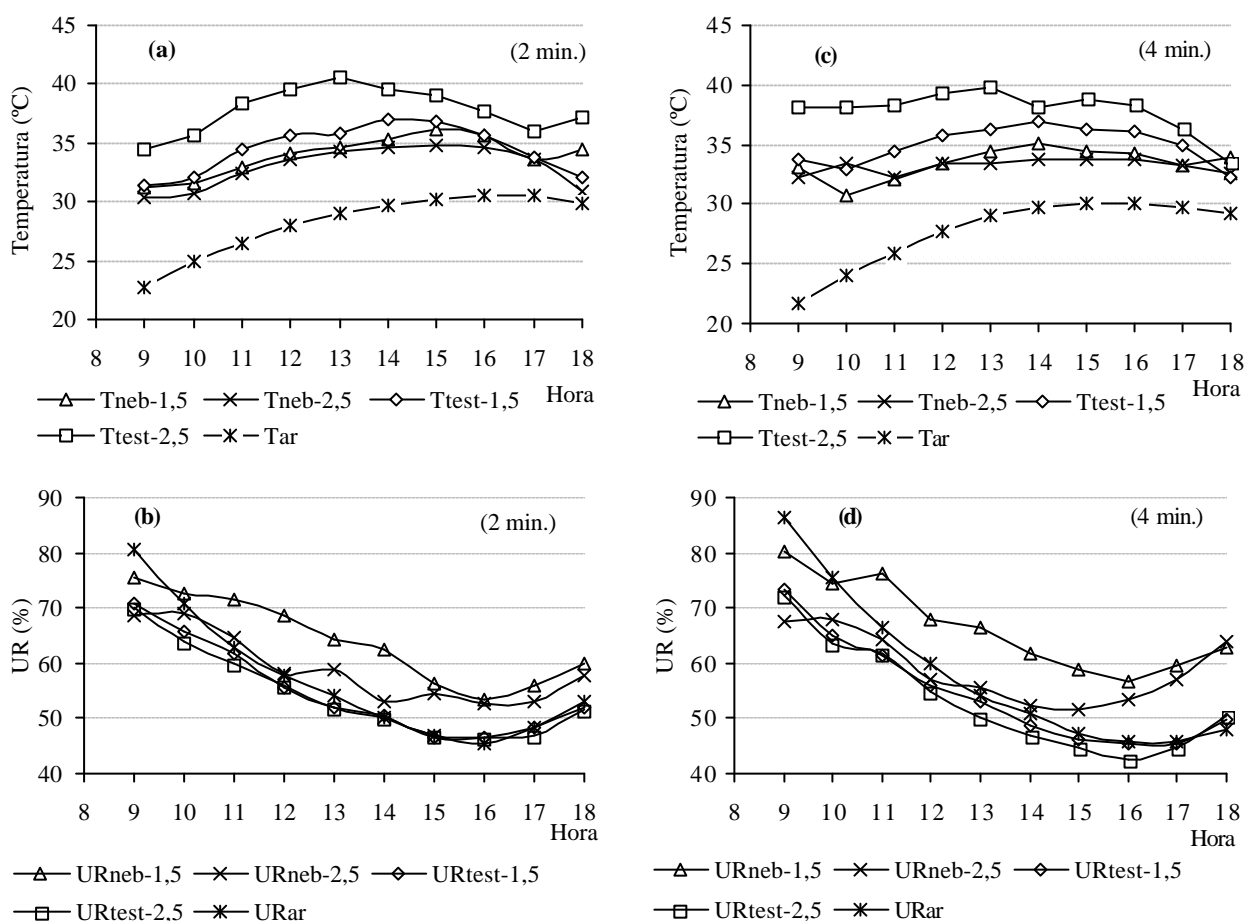
**Figura 3.** Valores médios horários de temperatura do ar a 1,5 m e a 2,5 m acima do nível do solo no interior da estufa com janelas zenitais de ventilação (Tjan), sem nebulizações e na estufa testemunha (Ttest), no período de 16 a 24/12/99 (a); e no interior da mesma estufa com nebulizações e na estufa testemunha (Ttest), no período de 27/01 a 10/02/2000 (b), em Santa Maria, RS.

aumentando conseqüentemente a quantidade de vapor d'água no ambiente. Pode-se observar o aumento das diferenças da umidade relativa a partir do início das nebulizações às 10 horas, principalmente a 1,5 m de altura do solo. Os resultados de trabalhos realizados por FARIAS *et al.* (1993), SCHIEDECK *et al.* (1997) e BURIOL *et al.* (2000) mostraram que a pressão parcial de vapor é mais elevada no interior da estufa plástica do que no ambiente externo, mesmo em momentos em que a umidade relativa do ar no interior da estufa é menor do que a do exterior. Pode-se inferir desse modo que, ao adicionar água no ambiente, a umidade relativa do ar aumenta rapidamente, diminuindo muito o déficit de saturação.

A massa de ar na parte superior da estufa, devido a sua temperatura elevada e em função de sua remoção mais rápida através das janelas frontais, comporta maior quantidade de vapor d'água, logo apresenta menor umidade relativa, possibilitando que ocorra maior evaporação e conseqüentemente, maior dissipação de calor. Isso resultou numa importante diminuição da temperatura do ar a 2,5 m de altura, atingindo aí valores inferiores aos registrados a 1,5 m de altura (Figura 4). Deduz-se assim que próximo às saídas dos bicos nebulizadores, que estavam a 2,0 m de altura ocorreu uma maior eficiência da água na dissipação de calor. Outra causa do ar a 1,5 m de altura ter permanecido com temperatura e umidade relativa do ar mais elevadas do que a 2,5 m de altura, provavelmente tenha sido a baixa eficiência da ventilação natural proporcionada pelas aberturas laterais da estufa. Essa condição tornou o ar estagnado na parte inferior da estufa.

Em condições similares de estufa plástica, porém com maior área de ventilação, FURLAN & FOLEGATTI (2000) verificaram para dois dias uma redução de 4,3 °C e 5,2 °C na temperatura do ar em ambiente nebulizado em relação a outro não nebulizado, com cultivo de alface. Apesar dos valores de redução da temperatura do ar, utilizando nebulizações terem sido maiores com o aumento da área de ventilação, os resultados obtidos neste estudo mostram que a temperatura do ar no interior da estufa manteve-se superior a faixa ótima para o crescimento e desenvolvimento dos cultivos, principalmente nos dias com temperatura no interior da estufa acima de 30 °C. Estes resultados estão associados às características estruturais das estufas plásticas e às características climáticas do Estado do RS, com vento predominante fraco, regime de chuvas bem distribuídas durante o ano inteiro e um número elevado de dias nas diferentes estações do ano com umidade relativa média diária superior àquela que seria limitante a resultados eficientes na utilização da nebulização, inferior a 60%. Assim, a nebulização, o baixo déficit de saturação e a ventilação reduzida podem levar a uma saturação do ar com vapor d'água, originando ambiente quente e úmido muito favorável ao desenvolvimento de doenças.

O uso da nebulização apresenta como vantagens sobre as técnicas do branqueamento da face interna da cobertura e da tela plástica, uma menor interceptação da radiação solar (ALPI & TOGNONI, 1991), fator importante em dias nublados ou parcialmente nublados e também a possibilidade de ser utilizada somente nos dias necessários, o que não ocorre



**Figura 4.** Valores médios horários de temperatura (T) e umidade relativa do ar (UR), a 1,5 m e 2,5 m de altura, em estufas plásticas com a utilização de nebulização a intervalos de 15 minutos e com duração de 2 minutos (a e b) e 4 minutos (c e d), sendo Tneb e URneb do tratamento, Ttest e URtest da estufa testemunha e Tar e URar do ambiente externo, no período de 27/01 a 10/02/2000, em Santa Maria, RS.

com as outras duas técnicas que, normalmente, são de instalação permanente.

A eliminação de calor utilizando um sistema passivo como a ventilação natural, sombreamento, branqueamento da cobertura ou nebulização por microaspersores seria o ideal, sempre visando custos aceitáveis ao retorno proporcionado pelo cultivo. Porém as condições climáticas da região devem ser consideradas nos objetivos que se deseja alcançar. Para regiões similares à de Santa Maria-RS, local do experimento, o uso somente dessas técnicas e de forma isolada, provavelmente não será suficiente para diminuir as altas temperaturas do ar no interior de estufas plásticas.

Possivelmente, conciliando uma das técnicas aqui estudadas com a ventilação forçada ter-se-á resultados satisfatórios na redução da temperatura do

ar. Sem dúvida, a ventilação natural é o sistema mais eficiente e menos problemático de abaixamento da temperatura do ar, o qual pode-se intensificar mediante o uso de ventiladores. Associado a isso, ainda o aumento da área de ventilação, quando possível, torna-se uma alternativa. Um pé-direito mais alto nas estufas plásticas e conseqüentemente, o aumento das janelas longitudinais e das portas, facilita o fluxo de ar sobre as culturas e a remoção do ar quente do interior da estufa.

## Conclusões

A atenuação da radiação solar incidente em função do branqueamento da face interna da cobertura da estufa e/ou do uso da tela plástica não é suficiente para diminuir as temperaturas elevadas do ar no interior

da estufa plástica a valores abaixo da temperatura crítica máxima para a maioria dos cultivos.

A utilização de nebulização é limitada pela fácil saturação do ar com vapor d'água no interior da estufa, relacionada à lenta remoção do calor acumulado sob o plástico.

O aumento da área de ventilação natural, como a construção de janelas nas faces frontais das estufas plásticas, favorece a eliminação do calor existente no seu interior.

### Referências bibliográficas

- ALPI, A.; TOGNONI, F. **Cultura em Estufas**. Lisboa: Presença, 2. ed., 1988. 196 p.
- ANDRIOLO, J.L. **Fisiologia das Culturas Protegidas**. Santa Maria: Editora da UFSM, 1999. 142 p.
- BOULARD, T.; BAILLE, A.; Le GALL, F. Étude de différentes méthodes de refroidissement sur le climat et la transpiration de tomates de serre. **Agronomie**, Paris, v. 11, p. 543-553, 1991.
- BURIOL, G.A. et al. Modificação da umidade relativa do ar pelo uso e manejo da estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 11-18, 2000.
- CERMEÑO, Z.S. **Cultura de plantas hortícolas em estufa**. Lisboa: Lixeta. 1990. 360 p.
- COCKSHULL, K.E.; GRAVES, C.J.; CAVE, C.R.J. The influence of shading on yield of greenhouse tomatoes. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v. 67, p. 11-24, 1992.
- ESTEFANEL, V. et al. Disponibilidade de radiação solar nos meses de inverno para o cultivo do tomateiro (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) na região de Santa Maria, RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 28, n. 4, p. 553-559, 1998.
- FARIAS, J.R.B. et al. Alterações na temperatura e umidade relativa do ar provocadas pelo uso de estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 51-62, 1993.
- FARIAS, J.R.B.; BERGAMASCHI, H.; MARTINS, S.R. Evapotranspiração no interior de estufas plásticas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 2, n. 1, p. 17-22, 1994.
- FRANCESANGELI, N. et al. Efecto del blanqueado, sombreado y aspersion de agua sobre techo en la temperatura y outros parametros en invernadero durante el periodo estival. In: III INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PROTECTED CULTIVATION IN MIDWINTER CLIMATES. La Plata, Argentina, 1992. **Acta Horticulturae Search**, v. 357, p. 267-267. Disponível em: [http://www.actahort.org/books/357/357\\_25.htm](http://www.actahort.org/books/357/357_25.htm)1992. Acessado em: setembro de 2001.
- FURLAN, R.A.; FOLEGATTI, M.V. Efeito da nebulização na redução da temperatura do ar em ambiente protegido. In: XL CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, II CONGRESSO IBERO-AMERICANO SOBRE UTILIZAÇÃO DE PLÁSTICO NA AGRICULTURA, I SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE PRODUÇÃO DE PLANTAS MEDICINAIS, AROMÁTICAS E CONDIMENTARES. São Pedro, SP, 2000. **Horticultura Brasileira, Suplemento**. Brasília: Editora da Sociedade de Olericultura do Brasil, v. 18, p. 203-204, 2000.
- FURLAN, R.A.; FOLEGATTI, M.V. Efeito da abertura de cortinas zenitais, com diferentes alturas de abertura de cortinas laterais na temperatura do ar em ambiente protegido. In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOLOGIA E III REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOLOGIA. Fortaleza-CE., 2001. **Anais...** Fortaleza: SBA/FUNCEME, 2001, p. 681-682.
- FURLAN, R.A.; FOLEGATTI, M.V.; SENTELHAS, P.C. Efeito da nebulização e ventilação natural na redução da temperatura do ar em ambiente protegido **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 2, p. 181-186, 2001.
- GONZALEZ, A.M.; CAMACHO, J.I.M. **Invernaderos: Diseño, construccion y dimatizacion**, Madrid: Mundi – Prensa, 1995. 209 p.
- HELDWEIN, A.B. et al. Utilização do evaporímetro de Piche exposto à radiação solar para estimar a evapotranspiração máxima do pimentão em estufa. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 2, p. 213-217, 2001.
- REISSER Jr., C. **Evapotranspiração da alface (*Lactuca sativa* L.) em estufa plástica e ambiente natural**. Santa Maria, 1991. 78 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola/UFSM. 1991.
- SCHIEDECK G. et al. Fenologia da videira rosada cultivada em estufa e a céu aberto. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 2, p. 199-206, 1997.
- SCHNEIDER, F.M. et al. Tecnologia para diminuir temperaturas excessivamente elevadas no interior de estufas plásticas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 2, p. 285-287, 1998.(Nota prévia).



