

## Perfil horizontal da temperatura diurna em cultivo de alface, no sistema de hidroponia NFT, em Jaboticabal (SP)\*

Isaac Cohen Antonio\*\*, Jairo Augusto Campos de Araújo\*\*\*

\*Parte da Dissertação de Mestrado apresentada à FCAV-Unesp e financiada pela Fapesp. \*\*Embrapa-CPAA. Caixa Postal 319. CEP 69.011-970, Manaus (AM), Brasil. E-mail: ica@cpaa.embrapa.br.\*\*\* Departamento de Engenharia Rural, FCAV-Unesp. Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n. CEP 14.884-900, Jaboticabal (SP), Brasil.

### Resumo

As temperaturas dos ambientes interno e externo da cobertura do tanque de estocagem da solução nutritiva e do interior das calhas do sistema hidropônico cultivado com alface 'Verônica' pela técnica NFT foram monitoradas com 16 sensores de cobre-constantan, instalados próximos ao sistema radicular e a 2 m de altura dentro e fora da cobertura. A diferença entre as médias da temperatura do ar no interior do ambiente protegido e as do ambiente externo foi da ordem de 1,41 °C, e entre as do ambiente interno e as das bancadas e tanques com solução nutritiva também foi de 1,41 °C, evidenciando a importância da água como regulador térmico. As temperaturas no interior das calhas e tanques de estocagem das bancadas posicionadas na linha central foram superiores às das bancadas na lateral da cobertura, na ordem de 0,3 °C, provavelmente em consequência do efeito da ventilação na lateral durante o dia.

**Palavras-chave adicionais:** ambiente protegido; casa de vegetação.

### Abstract

ANTONIO, I.C.; ARAUJO, J.A.C. de. Horizontal profile of diurnal temperature in NFT hydroponics system for lettuce cultivation at Jaboticabal, state of São Paulo, Brazil. *Científica*, Jaboticabal, v.32, n.1, p. 30-34, 2004.

The internal and external temperatures of the tanks with nutrient solution and the interior of the gutters of the hydroponics system cultivated with lettuce 'Verônica' by NFT technique was monitored with 16 copper-constantan sensors, installed close to the roots and at 2 m height inside and outside of the greenhouse. The difference among the average temperature of the air inside the greenhouse and the outside was in the order of 1.41 °C and the difference among the average temperature of the air inside the greenhouse and the tanks with nutrient solution was also of 1.41 °C, evidencing the importance of the water as thermal regulator in the system. The temperatures inside the gutters and tanks with nutrient solution located in the central line were approximately 0.3 °C higher than in the gutters and tanks located in the lateral of the greenhouse, probably due to the effect of the lateral ventilation during the day.

**Additional keywords:** protected environment; greenhouse.

### Introdução

A alface tem sido a hortaliça mais cultivada em hidroponia, por exigir poucos tratos e pouca mão-de-obra. A boa adaptação de alguns cultivares a esse sistema também tem contribuído para isso.

O cultivo de alface em hidroponia com o uso da Técnica do Fluxo Laminar de Nutrientes (NFT) está cada vez mais difundido entre os produtores de hortaliças, apresentando-se como um sistema rentável, de retorno rápido, com baixa demanda de mão-de-obra e com atributo de alta qualidade ao produto final. A recente introdução desta técnica no Brasil pode explicar a carência de dados de pesquisa, especialmente na área de ambiência.

Segundo ROSENBERG et al. (1989), o aumento de temperatura afeta primeiramente a evapotranspiração, com o aumento da capacidade do ar para receber vapores de água. Para CERMENO (1990), os processos metabólicos das plantas são influenciados por temperaturas críticas que os impedem ou dificultam; para a maioria das espécies, a temperatura ótima para germinação, brotação, desenvolvimento, floração, fecundação e frutificação situa-se entre 20 e 30 °C. Segundo SGANZERLA (1990), a temperatura máxima do ar tolerável pela cultura da alface está em torno de 30 °C e a mínima, por volta dos 6 °C. ZONTA et al. (1997) afirmaram que o aumento de temperatura acima de 40 °C retarda gradativamente a absorção de nutrientes, enquanto a maior absorção é conseguida entre 25 e 35 °C. MALORGIO et al. (1990) verificaram aumento do peso da matéria fresca de alface em NFT, com a temperatura

de 25 °C na área do sistema radicular, em comparação com temperaturas mais baixas.

BLISKA JUNIOR & HONÓRIO (1996) recomendaram que a temperatura da solução nutritiva não ultrapasse 30 °C, sob pena de causar danos às plantas, e que as temperaturas diurnas devem ficar próximas de 16 °C durante a época fria e de 24 °C na época quente, fazendo ressalva de que deve ocorrer variação com a espécie e o cultivar.

FARIAS et al. (1993) encontraram diferenças de 1,1 °C entre a temperatura média do interior e exterior da casa de vegetação com cobertura do tipo capela, e 1,2 a 4,4 °C entre as médias da temperatura máxima, enquanto BURIOL et al. (1993) encontraram, a 1,5 m de altura, diferença de 0,1 °C entre a temperatura média do interior e exterior de uma casa de vegetação com cobertura do tipo capela, com a metade superior da lateral permanentemente aberta.

FARIA JUNIOR et al. (1993) observaram tendência de aumento da temperatura média do centro para as extremidades em uma casa de vegetação com cobertura do tipo capela e outra do tipo arco, ao contrário de HERTER & REISSER JUNIOR (1987). SILVA (1997) observou variação da temperatura dentro de casas de vegetação com cobertura do tipo capela, com tendência de decréscimo de temperatura das extremidades para o centro.

O presente trabalho teve como objetivo verificar a variação da temperatura diurna no perfil horizontal de um cultivo de alface em sistema hidropônico sob ambiente protegido.

## Material e métodos

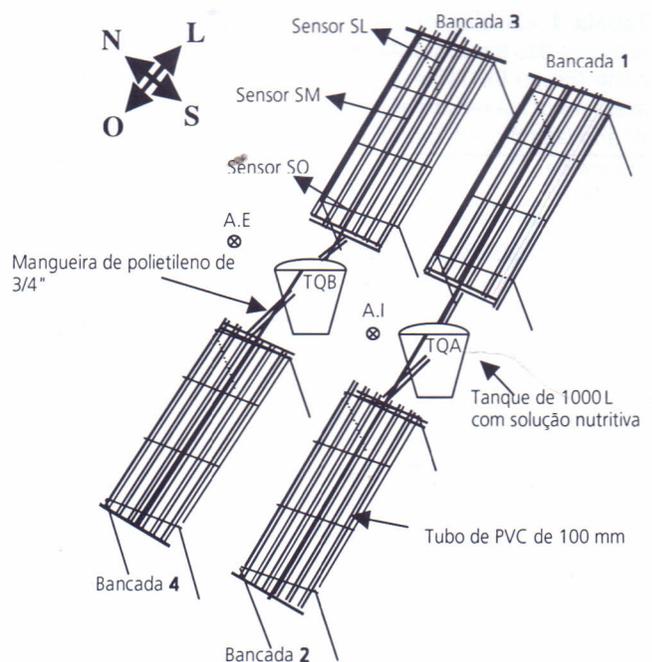
O experimento foi conduzido no Setor de Plasticultura do Departamento de Engenharia Rural, na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista (Unesp), em Jaboticabal (SP), localizado a 21°17'05" de latitude sul e 48°17'09" de longitude oeste, no período de 9-4-98 a 18-5-98, em casa de vegetação modelo capela, coberta com filme de polietileno de 100 µm de espessura, com 3 m de pé-direito, 10 m de largura e 51 m de comprimento, aberta nas laterais a 1 m da cobertura, com saia de tela de náilon com 50% de sombreamento, a 1,2 m de altura.

A alface 'Verônica' foi cultivada no sistema hidropônico, com a técnica de NFT, em quatro bancadas de 2 x 11 m com cerca de 2,5% de declive (1,20 m de altura na extremidade mais alta e 0,90 m na mais baixa). Cada bancada era composta por seis canais de cultivo, confeccionados de tubos de PVC de 100 mm de diâmetro, cortados ao meio e cobertos com tiras de PVC de 90 mm de largura, com furos de 50 mm de diâmetro, no espaçamento de 30 x 30 cm.

Na Figura 1, observa-se a disposição das bancadas e a localização dos sensores. As bancadas 1 e 2 foram posicionadas na linha central da casa de vegetação, e a 3 e a 4, na lateral norte, todas no sentido leste-oeste. Em cada bancada, foram colocados termopares de cobre-constantan, dentro de uma mesma calha central, nas extremidades leste (sensor SL) e oeste (sensor SO) e no meio (sensor SM). Sensores também foram

colocados dentro de cada tanque (1 m<sup>3</sup>) de solução nutritiva (sensores TQA e TQB), entre as bancadas a 2 m de altura e fora da casa de vegetação, na lateral norte, a 1 m de distância e 2 m de altura (sensores A.I. e A.E.). Todos os sensores foram conectados a um coletor de dados marca Campbell modelo CR-10, com uma placa "relay multiplexer" modelo AM416 da Campbell, registrando a temperatura em graus Celsius, a cada 3 min, das 5 h e 45 min às 18 h e 15 min, a partir da segunda semana de cultivo, quando as plantas já estavam adaptadas ao sistema, e o fluxo intermitente da solução nutritiva foi fixado em intervalos de 15 min com a bomba acionada e 15 min com a bomba desligada, das 6 h às 9 h e das 16 h às 18 h. Das 9 h às 16 h, a bomba foi acionada por 30 min e desligada por 15 min, por causa do aumento da temperatura nesse horário.

Para a análise dos dados, foi usado um programa de



**Figura 1** – Esquema da disposição das bancadas de cultivo, tanques com as soluções nutritivas e localização dos sensores. *Figure 1 – Scheme of disposition of the benches for cultivation, the tanks with nutrient solutions and localization of the sensors.*

computador "Statistical Graphics system" (Statgraphics plus 6.0), seguindo o modelo estatístico:

$$Y = m + t_i + e_{ij}$$

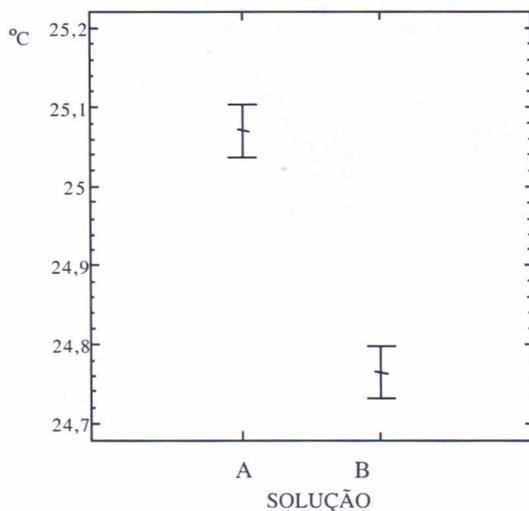
sendo Y = variável medida; m = média do experimento; t<sub>i</sub> = efeito do tratamento; e<sub>ij</sub> = efeito do erro experimental.

## Resultados e discussão

As bancadas posicionadas na lateral norte estavam sujeitas a maior incidência da radiação solar, devida à declinação do sol ao norte em decorrência da aproximação do solstício de inverno. Apesar disso, elas apresentaram temperatura média estatisticamente inferior ( $P < 0,01$ ) à das bancadas posicionadas na lateral norte, durante os 38 dias de cultivo, sendo 24,76 e 25,07 °C, respectivamente (Tabela 1 e Figura 2), concordando com os resultados de HERTER & REISSER JUNIOR (1987) e diferindo dos de FARIA JUNIOR et al. (1993) e SILVA (1997). Isso pode ter ocorrido em decorrência da maior ventilação nas laterais da casa de vegetação, demonstrando que coberturas de plástico do tipo guarda-chuva perdem calor pela lateral. Essas temperaturas estiveram abaixo de 30 °C, limite acima do qual há prejuízo às plantas, segundo BLISKA JUNIOR & HONÓRIO (1996).

**Tabela 1** - Análise de variância das médias agrupadas dos sensores das bancadas das linhas central (grupo A) e lateral norte (grupo B). *Table 1 – Variance analysis of the grouped averages of the sensors at the benches of the central line (group A) and lateral north (group B).*

Fonte de variação	G.L.	Quadrado Médio	F calculado	P
Entre grupos A e B	1	2.294,6645	82,6	< 0,01
Dentro dos grupos	97.802	27,7805		

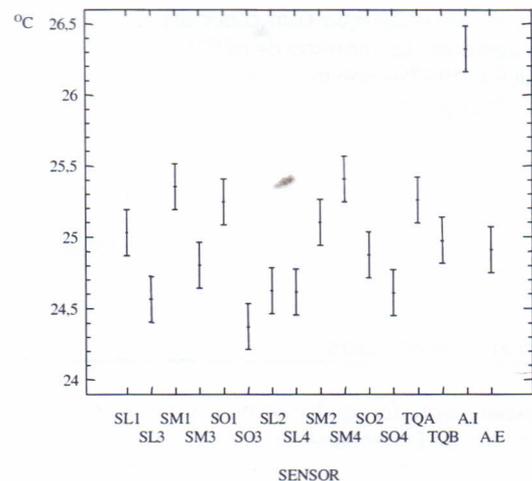


**Figura 2** – Intervalo de confiança para a diferença das médias de temperaturas diurnas de duas bancadas na linha central (A) e duas na lateral norte (B) (barras coincidentes na horizontal não diferem entre si, pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade). *Figure 2 – Confidence interval for the difference between the averages of diurnal temperatures in two benches at the central line (A) and two benches at the lateral north (B) (coincident bars in the horizontal position do not differ by the Tukey test at 5% probability).*

A temperatura média diurna do ambiente interno foi 1,41 °C maior que a do ambiente externo da casa de vegetação, superando a diferença encontrada por FARIAS et al. (1993). A diferença entre a temperatura média do ambiente interno e as das bancadas e tanques com solução nutritiva foi, em média, também de 1,41 °C, denotando a importância do fluxo de água como regulador da temperatura no sistema NFT.

A média da temperatura do ambiente interno (A.I.) foi de 26,32 °C (Figura 3), abaixo da temperatura máxima crítica de 30 °C citada por SGANZERLA (1990). As médias no interior da calha, nas proximidades do sistema radicular, variaram de 24,37 a 25,4 °C (Figura 3). Essas temperaturas, em torno de 25 °C, ficaram dentro do limite de máxima absorção citado por ZONTA et al. (1997), podendo favorecer o aumento de matéria fresca, segundo MALORGIO et al. (1990).

O resultado da análise de variância mostrou diferenças significativas entre as médias das temperaturas diurnas



**Figura 3** – Intervalo de confiança para as diferenças das médias de temperatura dos sensores leste, meio e oeste das bancadas 1, 2, 3 e 4 e ambientes interno e externo da casa de vegetação (barras coincidentes na horizontal não diferem entre si, pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade). *Figure 3 – Confidence interval for the differences among the averages of temperature of the sensors at east, center and west of the benches 1, 2, 3 and 4, and internal and external environment of the greenhouse (coincident bars in the horizontal position do not differ by the Tukey test at 5% probability).*

registradas pelos 16 sensores, com probabilidade de erro tendendo a zero, conforme se observa na Tabela 2.

O intervalo de confiança das médias mostra diferença estatística significativa, pelo teste de Tukey a 5%, entre as médias dos sensores das bancadas 1 (SL1, SM1 e SO1) e os da bancada 3 (SL3, SM3 e SO3), o que não ocorreu entre as médias das bancadas 2 (SL2, SM2 e SO4) e 4 (SL4, SM4 e SO4). Pelo mesmo teste, as temperaturas médias da bancada 1 foram maiores que as da bancada 2, exceto no meio da bancada (SM<sub>1</sub> e SM<sub>2</sub>), enquanto as da bancada 3 não diferiram da 4, exceção para os sensores do meio destas, com SM4 maior que SM3 (Figura 3).

**Tabela 2** - Análise de variância das médias de temperatura dos sensores leste, meio e oeste das bancadas 1, 2, 3 e 4 e ambientes interno e externo da casa de vegetação. *Table 2 – Variance analysis of the averages of temperature of the sensors at east, center and west of the benches 1, 2, 3 and 4, and the internal and external environment of the greenhouse.*

Fonte de variação	G. L.	Quadrado Médio	F calculado	P
Entre sensores	15	1.521,0367	49,355	<0,01
Dentro dos grupos	111.760	30,8185		

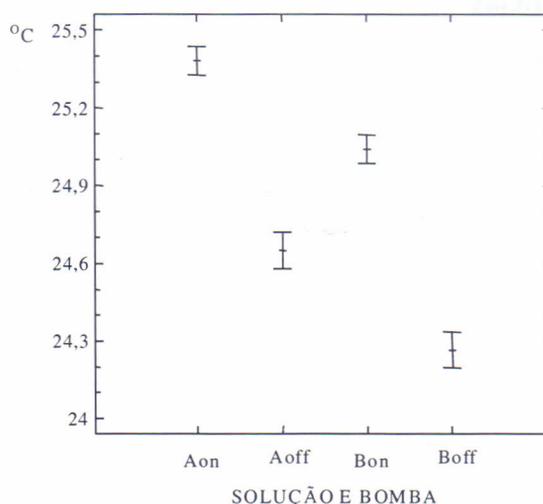
Há uma tendência de a temperatura no centro das bancadas (SM) ser superior à das extremidades, que pode ser devida à maior concentração de vapor d'água produzido pela evapotranspiração, conforme se observa na Figura 3. A ventilação, na lateral da cobertura, deve remover a massa de ar evapotranspirada, fazendo que o ar fique menos saturado de vapor, diminuindo a temperatura.

As médias das temperaturas dos tanques A e B não diferiram entre si, estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5% (TQA = 25,26 °C e TQB = 24,98 °C) e diferiram da temperatura média registrada por alguns sensores das bancadas abastecidas por eles. As temperaturas dos sensores, SO<sub>3</sub> = 24,37 °C, SL<sub>3</sub> = 24,56 °C, SO<sub>4</sub> = 24,61 °C e SL<sub>4</sub> = 24,62 °C, foram inferiores à do tanque B, enquanto as dos sensores SL<sub>2</sub> = 24,62 °C e SO<sub>2</sub> = 24,88 °C foram inferiores à do tanque A, demonstrando que a variação da temperatura em vários pontos da bancada se deve ao efeito do ambiente, conforme se observa na Figura 3.

As temperaturas nas bancadas dos tanques A e B diferiram entre si, pelo teste Tukey a 5%, quando as bombas estavam ligadas e desligadas (on e off). No entanto, quando as bombas entravam em funcionamento, fazendo circular a solução nutritiva, as temperaturas subiam, em média, 0,73 e 0,78 °C nas bancadas dos tanques A e B, respectivamente, sendo que as temperaturas das bancadas do tanque A, situadas na linha central da cobertura, foram em média 0,34 e 0,38 °C maiores que as do tanque B na lateral norte, quando a bomba estava ligada (A<sub>on</sub>) e desligada (A<sub>off</sub>), conforme se observa na Tabela 3 e Figura 4, demonstrando que as soluções nutritivas dos tanques A e B acumulavam maior quantidade de calor que o ambiente do sistema radicular no interior dos canais de cultivo, provavelmente pelo posicionamento do tanque acima da superfície, exposto à radiação solar, evidenciando o efeito do ambiente na temperatura.

**Tabela 3** – Análise de variância das temperaturas das bancadas dos tanques A e B com as bombas ligadas e desligadas. *Table 3 – Variance analysis of temperatures at the benches of tanks A and B with the pumps on and off.*

Fonte de variação	G. L.	Quadrado Médio	F calculado	P
Entre grupos	3	5.492,4386	198,742	<0,01
Dentro dos grupos	97.800	27,6360		



**Figura 4** – Intervalo de confiança para as diferenças das médias de temperatura das bancadas dos tanques A e B, com a bomba ligada (on) e desligada (off) (barras coincidentes na horizontal não diferem entre si, pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade). *Figure 4 – Confidence interval for the differences between the averages of temperature of the benches of tanks A and B with the pumps on and off (coincident bars in the horizontal position do not differ by the Tukey test at 5% probability).*

## Conclusões

As temperaturas no interior das calhas das bancadas posicionadas na linha central foram superiores às das bancadas na lateral da cobertura.

As temperaturas médias no centro das bancadas tenderam a ser superiores às das extremidades.

A diferença entre as médias da temperatura do ar do interior e exterior do ambiente protegido e entre as do ambiente interno e bancadas mais tanques com solução nutritiva foram, ambas, da ordem de 1,41 °C, evidenciando a importância da água como regulador térmico.

Tanques de armazenagem de solução nutritiva acima do solo e expostos à radiação solar elevam a temperatura da solução acima da do ambiente do sistema radicular, aumentando a temperatura desse ambiente quando circulam no sistema.

A variação da temperatura no interior da cobertura ocorre da lateral para o centro, sendo maior neste.

## Agradecimentos

Agradecemos ao Prof. Dr. Romísio Geraldo Bouhid André e ao observador meteorológico Carlos Alberto Santa Capita, do Departamento de Ciências Exatas da FCAV-Unesp, pelo auxílio na aferição dos sensores de temperatura.

## Referências

---

BLISKA JUNIOR, A.; HONÓRIO, S.L. **Cartilha tecnológica**: hidroponia. Campinas: Faculdade de Engenharia Agrícola, Unicamp, 1996. 51p.

BURIOL, G.A.; SCHNEIDER, F.M.; ESTEFANEL, V.; ANDREOLO, 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, n.1, p.43-49. 1993.

CERMENO, S.Z. **Estufa**: instalações e manejo. Lisboa: Litexa, 1990. 355p.

FARIA JÚNIOR, M.J. de A.; SENO, S.; ARAUJO, J.A.C. de; BORRMANN, E.G.V.; YOSHIDA, E.S. Avaliação de cultivares de alface (*Lactuca sativa*) e de dois modelos de estufas com cobertura plástica durante o verão, em Ilha Solteira-SP. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v.1, n.1, p.111-118, 1993.

FARIAS, J.R.B.; BERGAMASCHI, H.; MARTINS, 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, n.1, p.51-62, 1993.

HERTER, F.G.; REISSER JUNIOR, C. Balanço térmico em estufas plásticas, em Pelotas-RS. Brasília, DF. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.5, n.1, p.61, 1987.

MALORGIO, F.; PARDOSSI, A.; LISHU, W. Contenido di nitrati in sedano e lattuga coltivati in NFT. **Colture Protette**, Verona, n.7, p.14-18. 1990.

ROSENBERG, N.J.; MCKENNEY, M.S.; MARTIN, P. Evapotranspiration in a greenhouse-warmed world: a review and simulation. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.47, p.303-320, 1989.

SGANZERLA, E. **Nova agricultura**. Porto Alegre: Petroquímica Triunfo, 1990. 303p.

SILVA, M. de L.O.E. **Avaliação de parâmetros ambientais em dois modelos de estufas, sem e com a presença de cultura**. 1997. 73 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1997.

ZONTA, E.; FERNANDES, M.S; MACHADO, P.P. da; ROSSIELO, R.O. P.; MARY, W. **Hidroponia aplicada à cultura da alface**. 1ª parte: nutrição mineral. Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Tecnologia, Instituto de Agronomia, 1997. 21p.