

Desempenho de Culturas de Alface (*Lactuca sativa* L) no Período de Verão em Casas de Vegetação com Diferentes Coberturas

Performance of the Lettuce (*Lactuca sativa* L) on Summer Conditions in Greenhouses With Different Coverings

Fernando da Costa Baêta¹; Jairo Alexander Osorio Saraz²; Ilda de Fátima Ferreira Tinoco³; Alessandra Assunção Alves de Brito⁴ e Marcos Oliveira de Paula⁵

Resumo. O presente estudo teve como objetivo avaliar as condições térmicas ambientais no interior de quatro protótipos, iguais em concepção e geometria arquitetônicas e diferentes nas soluções dos componentes de fechamento da cobertura, e avaliar o desempenho deles na produção de alface em períodos de verão. Para fins de avaliação de desempenho ambiental, foram considerados quatro tratamentos de cobertura: (T) testemunha, somente com lona plástica; (L) lona plástica e componente de ventilação (lanternim); (LS) lona plástica sob tela de sombreamento, associado a componente de ventilação (lanternim); e, (S) lona plástica sob tela de sombreamento. Como pressupostamente esperado, pode-se afirmar que as casas de vegetação sombreadas apresentaram melhor desempenho ambiental, comparativamente às não-sombradas, e proporcionaram um ambiente mais confortável ao desenvolvimento da cultura da alface no verão.

Palavras chave: Casas de vegetação, coberturas, alface.

Abstract. The aim of this work had concentrated in the study of solutions for the closing of the covering for greenhouses under summer conditions, experimented with the lettuce. Four covering treatments were considered for the evaluation of the environmental performance: (T) testifier, with only plastic canvas; (C) plastic canvas and ventilation compound (an overture on the roof); (CS) plastic canvas under shading screen, with a ventilation compound (an overture on the roof) associated; and (S) plastic canvas under shading screen. It can be declared, as expected, that shaded greenhouses presented a best environment performance than the unshaded greenhouses, and provided a more comfortable environment for the growth of lettuce culture on Summer.

Key words: Greenhouse, coverings, lettuce.

Com a finalidade de atender às exigências ambientais dos vegetais, e de promover condições propícias para obter um melhor cultivo e desenvolvimento do mesmo, surgiram, ao longo do tempo, casas de vegetação com soluções arquitetônicas diversas, cada qual com o intuito de vencer as adversidades climáticas locais.

Observa-se, no entanto, que em regiões quentes, ou em época de verão, os aquecimentos no interior dessas edificações acima das necessidades do microclima adequado para o vegetal comprometem a produção comercial, ao promover colheitas em épocas não previstas que geram culturas com qualidades inferiores quando comparadas com outras épocas do ano.

Muitas vezes, a solução encontrada para esse problema é o uso de mecanismos artificiais de climatização, solução de custo elevado, como sistemas de resfriamentos

evaporativos, ventilação e ventilação associada a sistemas de nebulização interna, como os propostos por Ganguly e Ghosh (2007), e Dilip e Tiwari (2002) entre outros, que são economicamente inviáveis para o pequeno produtor ou para aquele que está se iniciando no ramo da produção de vegetais em ambientes protegidos.

Com vistas à produção de espaços construídos para garantir condições ambientais adequadas para os usuários típicos destas edificações, ou seja, os vegetais, sem recorrer a meios artificiais de acondicionamento ambiental, percebem-se que uma necessidade refere-se à realização de estudos que tratem do processo de projeto para casas de vegetação.

De acordo com as necessidades ambientais para o cultivo da alface e das condições de exposição a radiação

¹ Professor. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Agrícola. Campus UFV 36570-000 - Vicoso, MG, Brasil. <baeta@ufv.br>

² Professor Assistente, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. A.A. 1779, Medellín, Colombia. <aosorio@unal.edu.co>

³ 1 Professora. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Agrícola. Campus UFV 36570-000, Vicoso, MG, Brasil. <iftinoco@ufv.br>

⁴ Arquiteta, M.Sc. em Ingeniería Agrícola. Brasil. <alenono@yahoo.com.br>

⁵ Professor. Universidade Federal do Espírito Santo. Av. Fernando Ferrari, 514, Goiabeiras, Vitória, Brazil. <modep@vicosa.com.br>

Recibido: Marzo 24 de 2009; Aceptado: Abril 08 de 2011

solar da região de Viçosa MG Brasil, pressupostamente as variáveis ambientais que exercem maior influência no desempenho das casas de vegetação no período de verão são a radiação solar além das altas temperaturas e umidades relativas.

No caso da presente pesquisa, é necessário que a cultura presente na casa de vegetação, apresenta-se resultados detectáveis durante o período de experimentação tais como respostas específicas ao estresse por altas temperaturas como por exemplo: as mudança no ângulo das folhas, que reduz a absorção e aumenta a reflexão de radiação solar; redução na área das folhas, acompanhada por alongamento e estreitamento das folhas; queda das folhas, dentre outros. Segundo Wien (1997), a alface é considerada a cultura padrão para se checar as condições de crescimento em câmaras ambientais, por possuir um ciclo relativamente curto de desenvolvimento e ser muito sensível ao ambiente.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar as condições térmicas ambientais no interior de quatro protótipos de casas de vegetação, iguais em concepção e geometria arquitetônicas e diferentes nas soluções dos componentes de fechamento da cobertura, e avaliar o desempenho deles na produção de alface em períodos de verão.

MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa foi desenvolvida no Setor de Construções Rurais e Ambientância e implementada na Área Experimental de Irrigação e Drenagem, do

Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa MG - Brasil, latitude 20°45'S, longitude 42°52'O, e altitude 657 m.

Segundo classificação de Kooppen, o clima da região de Viçosa é quente, temperado, chuvoso, com estação seca no inverno e chuvosa no verão.

As quantidades de horas de insolação observada em Viçosa elevam-se do mês de fevereiro ao mês de julho; a partir de agosto verifica-se uma queda nos níveis de horas de efetiva incidência de radiação solar. A quantidade de horas de insolação está diretamente relacionada com a pluviosidade notada na região em Viçosa.

A temperatura média mensal oscila de 15,4 °C (julho) a 22,3 °C (fevereiro), a média das máximas oscila de 23,5 °C a 30,0 °C e a média das mínimas oscila de 10,1 a 18,1 °C, respectivamente nos mesmos meses. A umidade relativa média mensal em Viçosa oscila entre 84 e a 76%, sendo o valor mínimo no mês de setembro e o máximo no mês de junho.

As dimensões das casas de vegetação foram baseadas em estruturas a escala real usadas para a produção vegetal, típica de pequenos produtores, e não foram feitas baseados em modelos de escala reduzida. Para execução deste estudo, foram construídas quatro casas de vegetação, cada uma sendo constituída de dois módulos retangulares (3,5 x 8,0 m) interligados, totalizando 56 m² (7,0 x 8,0 m e posicionadas segundo se apresenta na Figura 1.

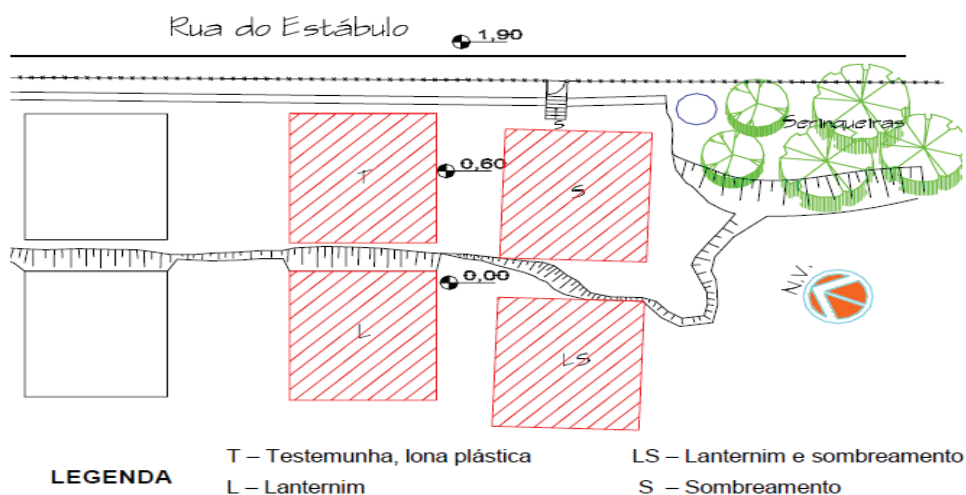


Figura 1. Vista da disposição dos tratamentos em campo das casas de vegetação.

A cobertura semicilíndrica foi composta por duas estruturas de metal com diâmetro de 3,5 m, uma em cada módulo. As laterais foram fechadas até 0,50 m do solo com lona plástica de 150 micras e de 0,50 a 2,0 m com tela de 50% de sombreamento (Figura 2). As quatro casas de vegetação foram constituídas da seguinte forma: (T) testemunha, cobertura de lona plástica; (L) cobertura com lanternim e lona plástica; (LS) cobertura com lanternim, lona plástica e tela de sombreamento; e (S) cobertura com lona plástica e tela de sombreamento (Figura 1).

Preliminarmente ao experimento realizado nesta pesquisa, foram feitos ensaios com alguns dos materiais que poderiam compor os fechamentos da casa de vegetação. Os ensaios visaram definir qual eram o comportamento dos materiais com relação à transmissão de luz e a porosidade à ventilação. Para a transmissão de luz, foram testados: telas de sombreamento nas cores branca (36 furos/cm²), cinza (36 furos/cm²), preta (54 furos/cm²) e verde (27 furos/cm²) e lonas plásticas nas cores azul (150 micra), amarela (100 micra), preta (100 micra), transparente (150 micra) e verde (150 micra).

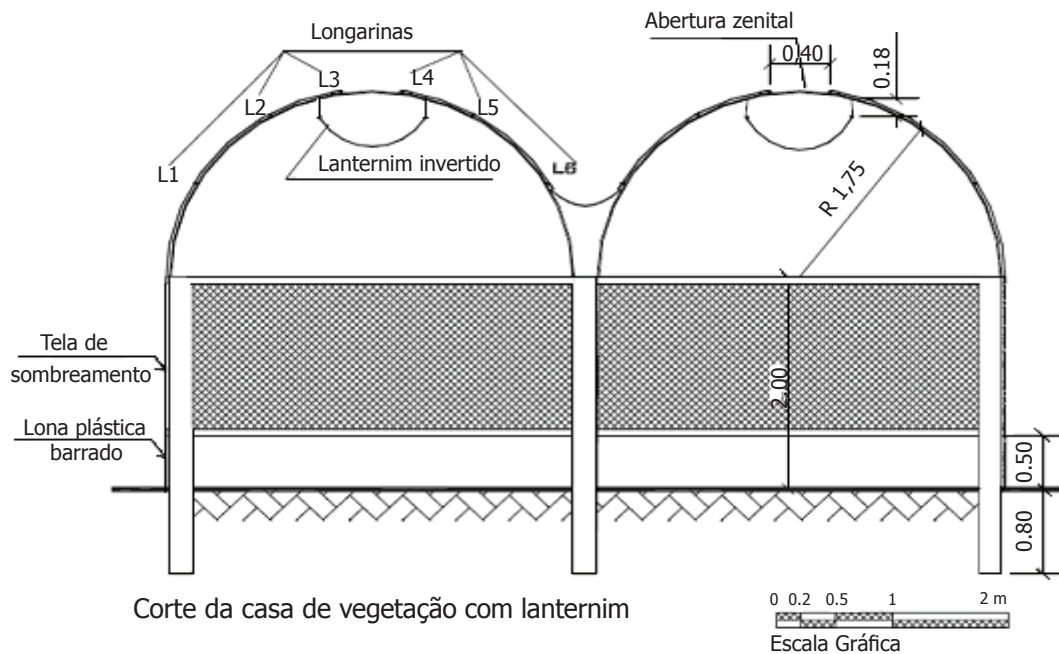


Figura 2. Esquema do corte transversal dos modelos em escalas reduzidas.

Cada material foi fixado em uma moldura quadrada com 15 cm de lado. Para os ensaios de transmissão de luz, essa moldura foi posicionada perpendicularmente à direção de incidência dos raios solares com a ajuda de uma haste e de um apoio. As medições foram realizadas em condições de sol descoberto e céu claro com um luxímetro (digital, resolução de 1 lux). As leituras foram realizadas durante três dias seguidos, a cada duas horas, das 8 às 18h. O luxímetro foi posicionado sobre a face superior do material para a leitura da quantidade de luz que atingia essa superfície. Posteriormente foi posicionado a 10 cm da face inferior do material e registrada a leitura da quantidade de luz que passou pelo material. Com as duas leituras, pôde-se determinar o fator de sombreamento de cada material; os resultados, apresentados na Tabela

1, são as médias dos percentuais de sombreamento encontrados nos três dias de observações.

Os ensaios de obstrução ao fluxo de ar foram realizados em uma sala totalmente fechada. O fluxo de ar foi gerado por um ventilador de 14" de diâmetro, e a velocidade do ar, medida com um anemômetro de ventoinha (digital, resolução de 0,1 m/s). A moldura com cada uma das telas de sombreamento foi posicionada perpendicularmente à direção do fluxo de ar a 0,30 m, 0,50 m, 0,70 m, 0,90 m e 1,10 m de distância do ventilador. As leituras foram feitas nas superfícies anterior e posterior do material em cada uma dessas distâncias.

Com os resultados obtidos nos ensaios preliminares (Tabela 1), com os possíveis materiais componentes dos

fechamentos, optou-se pela lona plástica transparente, já utilizada com frequência, por apresentar menos bloqueio à passagem de luz e ser mais apropriada no uso da edificação em condições de inverno,

conforme observado por Rodrigues (1997), e tela de sombreamento preta, por apresentar características de sombreamento de acordo com a pesquisa realizada por Shukla *et al.* (2008) e Willits (2000).

Tabela 1. Percentual médio de sombreamento e bloqueio à ventilação dos materiais de fechamento: telas e lonas plásticas.

Material	Percentual médio de sombreamento	Percentual médio de obstrução ao fluxo de ar
Tela branca	11,50	26,00
Tela cinza	27,80	21,00
Tela preta	51,70	42,00
Tela verde	28,30	17,00
Lona plástica azul	77,70	NV
Lona plástica amarela	59,70	NV
Lona plástica preta	99,80	NV
Lona plástica transparente	8,70	NV
Lona plástica verde	23,80	NV

Fonte: Valores determinados, experimentalmente

NV: Não possui valores

Durante o período experimental, internamente e externamente as casas de vegetação, foram coletadas variáveis ambientais tais como temperatura, umidade relativa e radiação, medidas em nove diferentes pontos. Essas mesmas variáveis foram registradas dentro das casas de vegetação seguindo uma malha, com seis pontos (Figura 3). Para registro das variáveis ambientais foram empregados os seguintes instrumentos: termohigrógrafo digital (precisão de $\pm 0,1$ °C anemômetro de hélice digital (precisão de $\pm 0,01$ m·s⁻¹), termômetro de globo negro (resolução de 1 °C) e luxímetro digital (precisão de $\pm 0,5$), que capta a radiação luminosa no espectro do visível (380 a 780 nm), que é a faixa de radiação luminosa na qual os vegetais realizam os processos de fotossíntese com maior intensidade.

As médias dos dados de temperatura de bulbo seco e umidade relativa do ar e temperatura de globo negro observados no interior em cada tratamento e no exterior foram plotadas em gráficos.

Preliminarmente, esses dados foram organizados e tratados de acordo com as observações das condições de cobertura do céu e do disco solar, ou seja, de acordo com as condições de exposição a que as casas de vegetação estavam sujeitas durante a coleta.

Para efeito de análise, foram considerados os dados observados sob condições de sol descoberto com menos de 30% de nuvens para dados de temperatura de bulbo seco, temperatura de globo negro e umidade relativa, para condições de radiação solar, foram considerados as condições descoberto com menos de 30% de nuvens e as de sol encoberto e abóboda celeste com mais de 70% de nuvens, de acordo a Cassilhas (2000).

A irrigação foi realizada por meio de tubogotejadores, onde o sistema foi montado de modo a possibilitar a irrigação das quatro casas de vegetação de duas maneiras: irrigadas conjuntamente ou irrigadas individualmente.

Sementes de cultura de alface (*Lactuca sativa* L), da variedade Regina, foram semeadas em bandejas de isopor, com 200 células, cheias de substrato agrícola; depois da semeadura foi aplicada uma camada de húmus vegetal sobre as sementes. As mudas foram transplantadas para os canteiros mantendo-se o espaçamento de 25 cm entre plantas, com 25 plantas por linha de plantio, totalizando 100 mudas por canteiro.

Durante o processo de colheita, foram retiradas dez amostras de cada canteiro (10%), de forma

aleatória e nas linhas de plantio centrais, ou seja, não foram colhidas plantas localizadas nas bordas. Dessas amostras, foram registradas as seguintes variáveis agrônomicas: massa (MP) e diâmetro (DP) das plantas, número (NF) e massa (MF) das folhas, número de brotações (NB), comprimento

(CC) e massa (MC) do caule, matéria seca das folhas (MS) e teor de umidade das folhas (TU). Os dados agrônomicos foram interpretados por meio de análise de variância, e as médias, comparadas pelo teste de Tukey, a 5% probabilidade, usando para isto o SAEG 9.1 (2007).

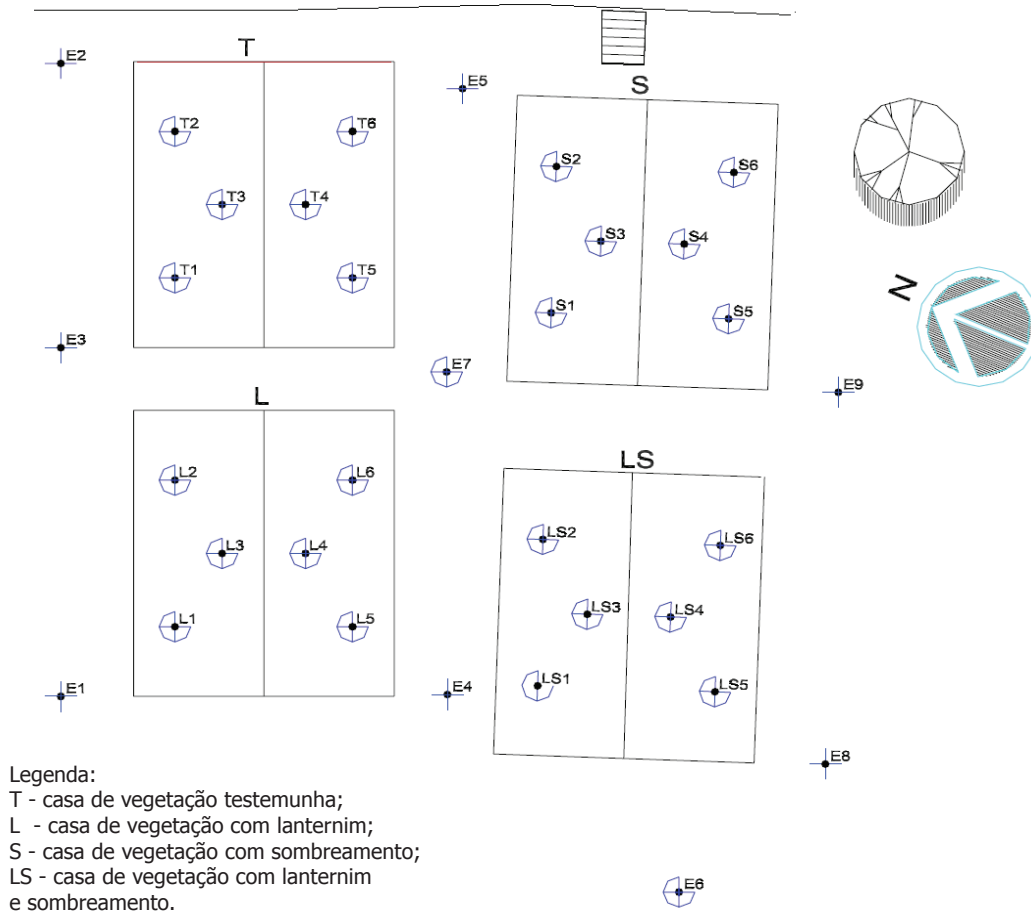


Figura 3. Posições para o registro das variáveis climatológicas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constatou-se a situação de sol descoberto e menos de 30% de nuvens no céu como a mais crítica, por meio das observações realizadas a 0,30 m de altura do solo. Da análise do comportamento térmico das casas expostas a sol descoberto a Figura 4 constatou-se que: a) nas casas não-sombreadas, o lanternim invertido da casa L foi responsável pela pequena diferença, ao longo do dia, entre os perfis de Tbs das casas T e L; b) nas casas sombreadas, os perfis de Tbs mantiveram-

se quase sobrepostos ao longo do dia, o que indica que a presença do lanternim invertido na casa LS praticamente não contribuiu para a diferenciação do desempenho térmico das casas LS e S; c) a diferença de aproximadamente 4 °C, no horário mais quente do dia, entre as casas sombreadas e as não-sombreadas, deveu-se predominantemente ao sombreamento da radiação solar pela tela na cobertura das sombreadas.

Nas observações realizadas a 0,30 m de altura do solo (Figura 5), em condições de sol descoberto constatou-

se que: a) a casa de vegetação T apresentou perfil de temperatura de globo negro (Tgn) com máximo da ordem de 49 °C, a casa de vegetação L apresentou um máximo da ordem de 46,5 °C, enquanto o ar exterior apresentou valor máximo de

Tgn da ordem de 45,5 °C, todos aproximadamente às 12 h e 30 min; b) as casas de vegetação LS e S apresentaram perfis de Tgn similares, a casa S com um máximo da ordem de 38,5 °C e a casa LS da ordem de 38 °C.

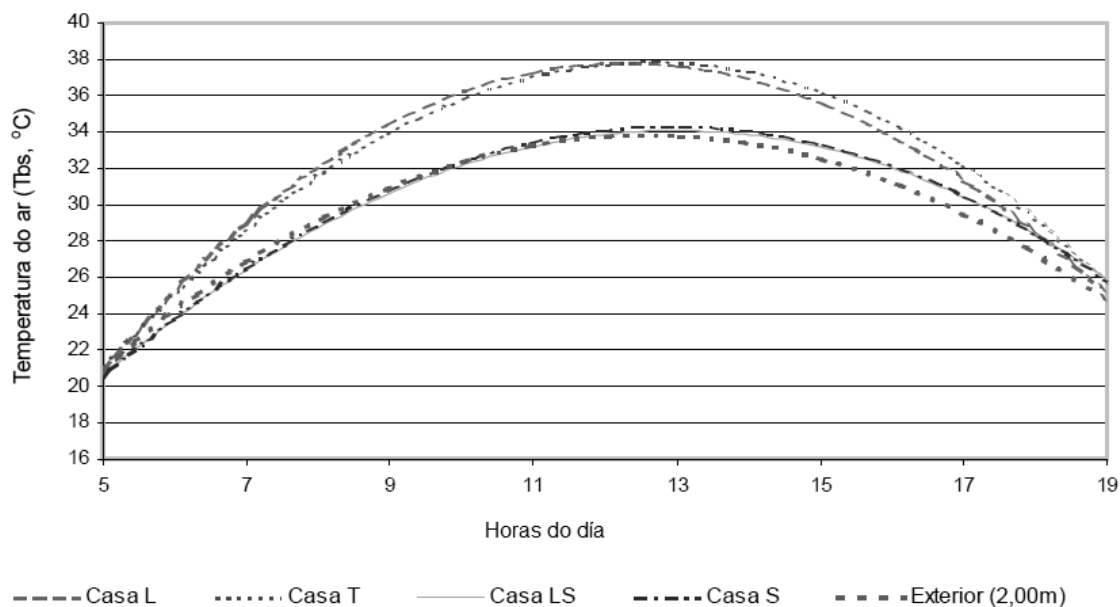


Figura 4. Valores médios de temperatura de bulbo seco do ar (°C), coletados a 0,3 m do solo e na situação de sol descoberto.

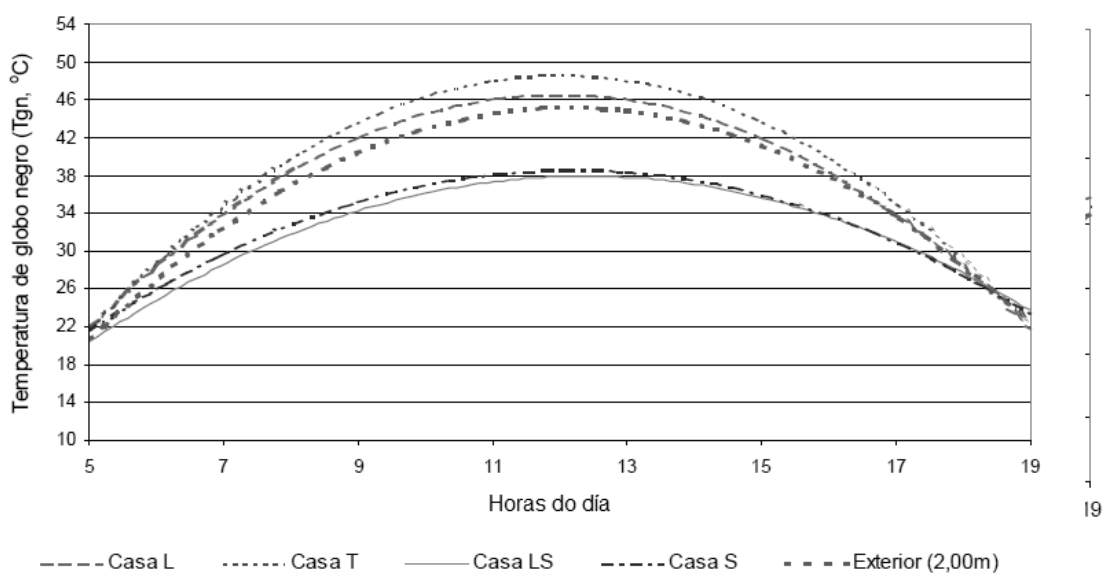


Figura 5. Valores médios de temperatura de globo negro (°C), coletados a 0,3 m do solo e na situação de sol descoberto.

No horário mais quente do dia, notou-se: a) uma diferença de no mínimo 8 °C entre as casas não-sombreadas (T e L) em relação às sombreadas (LS e S); b) uma diferença de cerca de 2,5 °C entre as casas T e L. As diferenças entre as casas não-sombreadas e as sombreadas deveram-se principalmente à presença da tela de sombreamento; já a diferença entre as duas casas de vegetação não-sombreadas indica que a presença do lanternim invertido ocasionou pequenas trocas de ar com o exterior, o que possivelmente contribuiu para a redução da Tgn dentro da casa L.

Da análise do comportamento da Tgn das casas expostas a sol descoberto, as diferentes composições da cobertura certamente influenciaram diretamente na carga de radiação no interior das casas de vegetação aspecto que coincide pelo descrito por

Sethi (2009). Com base nos resultados, pode-se observar que as pequenas diferenças da Tgn entre as casas com tratamentos iguais de sombreamento decorreram da existência do lanternim, contribuiu levemente para a atenuação da carga térmica radiante interna, perceptível principalmente na casa L comparativamente a casa T.

Nas observações realizadas a 0,30 m de altura do solo (Figura 6), em condições de sol descoberto, constatou-se que: a) as casas de vegetação T e L apresentaram perfis de umidade relativa do ar (UR) similares, com valores mínimos da ordem de 41 e 42%, respectivamente, em torno das 12 h e 30 min; b) as casas de vegetação LS e S e o ar exterior apresentaram perfis de UR similares, com valores mínimos da ordem de 47, 48 e 49% respectivamente, próximo às 13 h.

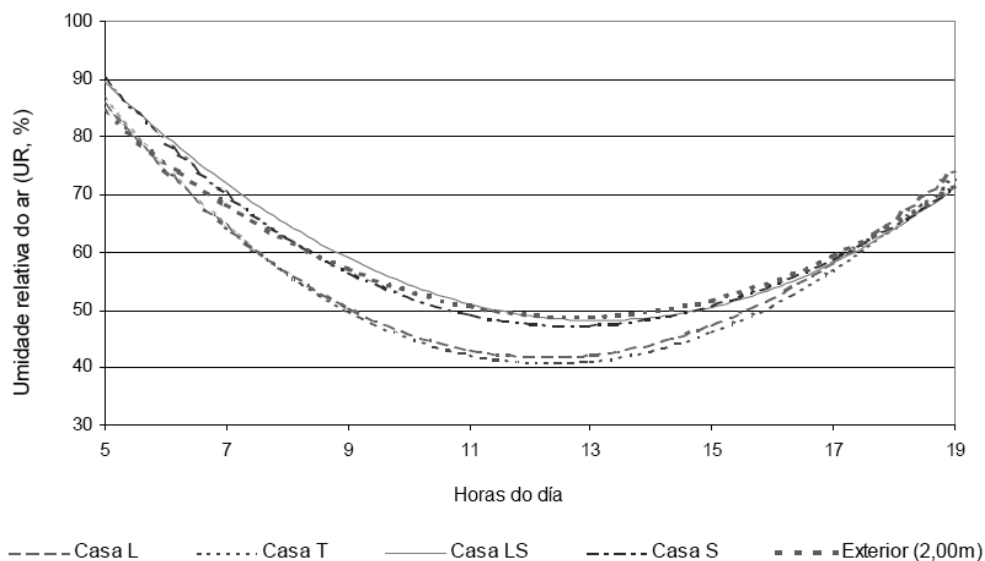


Figura 6. Valores médios de umidade relativa (%), coletados a 0,3 m do solo e na situação de sol descoberto.

No horário mais quente do dia, notou-se diferença de UR em média de 7% entre as casas não-sombreadas (T e L) em relação às casas com sombreamento (LS e S), com valores superiores nas primeiras. Isso se deveu indiretamente à presença da tela de sombreamento, que, ao conferir maior resistência térmica aos fechamentos das casas LS e S, promoveram menos aumento na temperatura do ar e, de forma indireta, a umidade relativa do ar permaneceu mais elevada. No mesmo horário, notou-se também diferença mínima da ordem de 1% entre as casas T e L, e entre as casas S

e LS. Essa diferença possivelmente pode ter sido em decorrência das pequenas variações nos valores de temperatura do ar entre as casas de igual material de cobertura e também devido à presença do lanternim.

No que diz respeito a incidência da radiação, as médias dos dados coletados estão representadas na Figura 7. Observou-se que os comportamentos dos tratamentos sem sombreamento (casas de vegetação T e L) foram praticamente iguais, como pressupostamente esperado, devido à composição do fechamento. Nos horários de

maiores alturas solares, sob céu descoberto, nesses tratamentos a radiação visível atingiu, a 0,30 m do

solo, valores até $850 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ e, sob céu encoberto, até $300 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$.

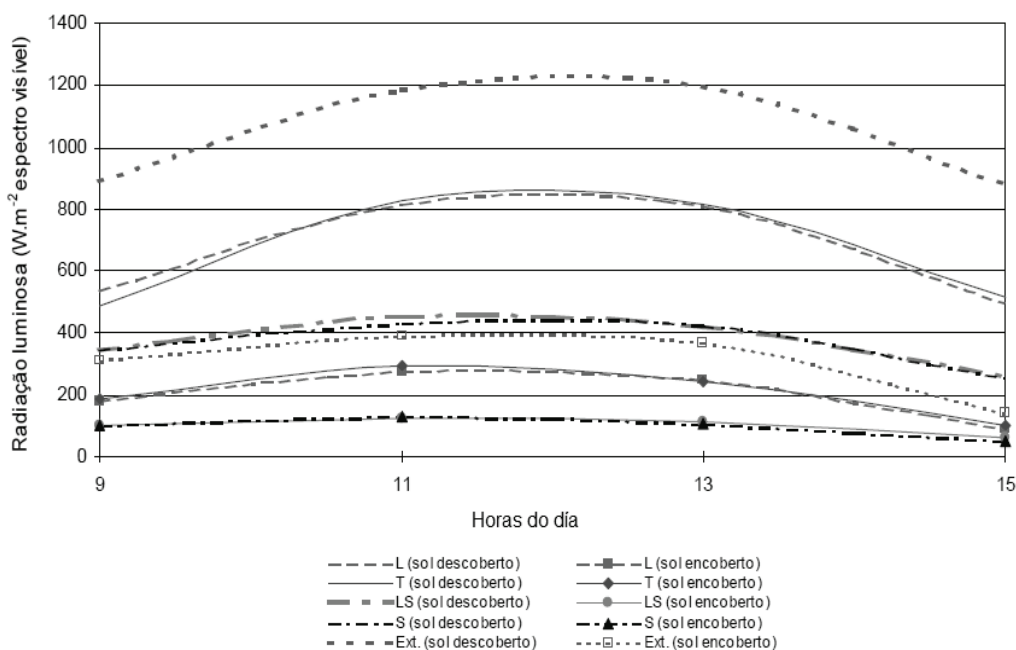


Figura 7. Valores médios da incidência de radiação solar ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$), coletados a 0,3 m do solo e na situação de sol descoberto.

Quando comparados ao recomendado por Wien (1997), Jie e Kong (1998) e Sumathy (1999), $240 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$, esses valores foram bem superiores, o que permite considerar que com as soluções de fechamento da cobertura empregadas, as casas de vegetação T e L só seriam eficientes no verão se o sol ficasse totalmente encoberto de 9 às 15 h.

Quanto aos tratamentos sombreados (casas de vegetação LS e S), no período de maior incidência de luz solar, eles apresentaram valores de até $450 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ de radiação do espectro visível, sob condições de sol descoberto, e até $120 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$, sob condições de sol encoberto; ou seja, considerando-se os resultados de Jie e Kong (1998), os valores encontrados estiveram aproximadamente na média das possibilidades de ocorrência das casas LS e S, entre 9h e 15 h, relativamente aos níveis de radiação luminosa incidente na alface.

No intervalo de 11 às 13 h, horários de maior altura solar, verificou-se que a composição da cobertura foi decisiva quanto ao recebimento de radiação luminosa pelas alfaces nas casas T e L comparativamente às casas LS e S.

O resumo das análises de variância para as variáveis respostas características de diâmetro (DP) e massa (MP) das plantas, número (NF) e massa (MF) das folhas, número de brotações (NB), comprimento (CC) e massa (MC) do caule e teor de umidade das folhas (UF) é mostrado na Tabela 2 e apresenta-se as médias dos tratamentos (T, L, LS e S), os resumos dos resultados do teste de Tukey e os coeficientes de variação da análise de variância efetuados para os valores de DP, MP, NF, MF, MC e CC.

No geral, considerando os tratamentos realizados nas casas não-sombradas (T e L) com os tratamentos realizados nas casas com sombreamento (LS e S), verificou-se diferença significativa para as características DP, MP, NB, MF, MC e CC, sendo as médias resultantes das casas T e L maiores que as de LS e S. Entretanto, as características MC e CC também apresentaram médias superiores nos tratamentos não-sombrados, o que indica, de acordo com Nagai *et al.* (1998), que as plantas cultivadas nesses ambientes estavam propensas a mudar o estágio de desenvolvimento mais rápido que aquelas cultivadas nas casas sombradas, ou seja, estavam sujeitas a alongarem o caule mais rápido.

Tabela 2. Valores médios de variáveis agrônômicas.

Tratamento	Variáveis						
	DP (cm)	MP (g)	NF (uni)	MF (g)	MC (g)	CC (cm)	NB (uni)
T	36,35 ab	216,13 a	32,00 a	175,88 a	30,38 a	7,84 a	2,71 ab
L	37,70 a	225,63 a	28,28 b	178,38 a	28,25 a	6,51 b	3,18 a
LS	34,54 b	156,53 b	25,63 c	135,00 b	17,75 b	5,49 c	1,88 b
S	35,43 b	119,63 c	23,93 c	102,50 c	14,00 b	6,02 c	2,70 ab
Coeficiente de variação	10,10	21,27	12,98	20,04	32,10	20,26	68,82

Nota: As medias seguidas de pelo menos uma mesma letra em cada coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Turkey.

Assim, nos tratamentos não-sombreados, em que as plantas apresentaram maiores diâmetros, mais massa e maior número de folhas, as variáveis ambientais de cultivo influenciaram o desenvolvimento, por apresentarem maior energia termoluminosa que os tratamentos com sombreamento.

Nos tratamentos não sombreados, ocorreram temperaturas máximas entre 25 °C e 38 °C, acompanhadas de médias de radiação luminosa de 220 W·m⁻² até 850 W·m⁻², enquanto nos segundos, ou seja, com sombreamento, as temperaturas máximas permaneceram entre 23,5 °C e 34 °C, acompanhadas de radiação luminosa de 100 W·m⁻² até 450 W·m⁻²; ou seja, nos tratamentos com sombreamento, onde os valores de energia termoluminosa se aproximam dos encontrados como ideais por Jie e Kong (1998) e Wien (1997), temperaturas entre 25 °C e 39 °C e radiação luminosa em torno de 240 W·m⁻², foi proporcionado às alfaces um ambiente de cultivo mais favorável à comercialização no período de verão.

CONCLUSÕES

Apesar de que em ambos os casos em casas não sombreadas e casas sombreadas apresentam valores de temperatura e radiação superiores aos considerados como ideais para a cultura da alface, pode-se afirmar que as casas de vegetação sombreadas apresentaram melhor desempenho ambiental, comparativamente às não-sombreadas, e proporcionaram um ambiente mais confortável ao desenvolvimento da cultura da alface no verão.

As alfaces colhidas nas casas de vegetação com sombreamento sobre a cobertura, embora tenham

apresentado massa e diâmetro da planta inferiores às colhidas nas casas de vegetação não-sombreadas, apresentou coloração mais clara, espessura mais fina, caule mais curto e menos pesado que as alfaces dos tratamentos não-sombreados. Com base nessas características agrônômicas, as alfaces dos tratamentos sombreados foram classificadas de qualidade superior para o consumo e a comercialização no período de verão.

Desta forma, em relação as variáveis agrônômica e térmicas, as casas sombreadas foram melhor para a alface, sendo esta uma boa possibilidade para desenvolver culturas de alface com pequenas modificações nas estruturas, a baixo custo, e aplicadas para pequenos e medianos produtores.

BIBLIOGRAFIA

- Cassilhas, A.M. 2000. Determinação da eficácia luminosa natural e da variação das condições de exposição de superfícies transparentes à luz. Viçosa-MG. Universidade Federal de Viçosa, PIBIC, CNPq. 48 p.
- Jain, D. e G.N. Tiwari. 2002. Modelling and optimal design of evaporative cooling system in controlled environment greenhouse. *Energy Conversion and Management* 43(16): 2235-2250.
- Ganguly, A. e Ghosh S. 2007. Modelling and analysis of a fan-pad ventilated floricultural greenhouse. *Energy and Buildings* 39(10): 1092-1097.
- Jie, H. and L.S. Kong. 1998. Growth and photosynthetic responses of three aeroponically grown Lettuce

cultivars (*Lactuca sativa* L.) to different root zone temperatures and growth irradiances under tropical aerial conditions. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 73(2): 173-180.

Nagai, H., 1998. Alface. pp. 173-174. In: Fahl, I., M. Camargo, J. Pizzinatto, J. Betti, A. Melo e A. Furlani. (eds). *Instruções Agrícolas para as principais culturas econômicas. Sexta edição.* Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas. 393 p.

Rodrigues, J. 1997. Construção e teste de casa de vegetação para a produção de alface na Região de Viçosa-MG. Tese Mestrado em Engenharia Agrícola. Departamento de Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. 59 p.

SAEG Sistema para Análises Estatísticas, Versão 9.1: 2007. Fundação Arthur Bernardes. Universidade Federal de Vicos, Viçosa.

Sethi, V.P. 2009. On the selection of shape and orientation of a greenhouse: Thermal modeling and experimental validation. *Solar Energy* 83(1): 21-38.

Shukla, A., G.N. Tiwari and M. Sodha. 2008. Experimental study of effect of an inner thermal curtain in evaporative cooling system of a cascade greenhouse. *Solar Energy* 82(1): 61-72.

Sumathy, K. 1999. Effect of spectral quality on horticultural plant propagation in a greenhouse. *Applied Energy* 64(1-4): 175-180.

Willits, D.H. 2000. Constraints and limitation in greenhouse cooling. Challenges for the next decade. *Acta Horticulturae* 534: 57-66.

Wien, H.C. 1997. Lettuce. pp. 479-509. In: Wien, H. (ed.). *The Physiology of Vegetable Crops.* Oxford, CAB International, New York, USA. 662 p.