

# Eficiência de resfriamento de uma placa porosa umedecida construída com argila expandida

Cooling efficiency of a wetted porous plate built with expanded clay

Eficiencia de enfriamiento de una placa porosa humedecida construida con arcilla expandida

Flavio Alves Damasceno<sup>1</sup>; Eberson Silva<sup>2</sup>; José Inocêncio Dias Balieiro<sup>2</sup>;  
João Antônio Costa do Nascimento<sup>3</sup>; Manoel Reginaldo Ferreira<sup>2</sup>

**Resumo:** Objetivou-se com este presente trabalho, avaliar a eficiência de resfriamento de uma placa porosa umedecida construída com argila expandida em uma estufa, localizada no Departamento de Fitopatologia da UFLA. Foram coletados dados de temperatura do ar (tbs) e umidade relativa (UR), durante os dias 13 e 14 de setembro de 2018, com sensores/registradores portáteis ( $\pm 3\%$ ) em intervalos de 2 segundos. A eficiência média apresentada no período de avaliação foi de 69,5%, caracterizando boa eficiência para este tipo de material empregado.

**Palavras-chave:** Ambiente protegido. Resfriamento adiabático.

**Abstract:** The objective of this work was to evaluate the cooling efficiency of a moist porous plate built with expanded clay in a greenhouse, located at UFLA's Department of Plant Pathology. Air temperature (tbs) and relative humidity (RH) data were collected during September 13 and 14, 2018, with portable sensors / recorders ( $\pm 3\%$ ) at 2-second intervals. The average efficiency presented in the evaluation period was 69.5%, characterizing good efficiency for this type of material employed.

**Keywords:** Protected environment. Adiabatic cooling.

**Resumen:** El objetivo de este trabajo fue evaluar la eficiencia de enfriamiento de una placa porosa húmeda construida con arcilla expandida en un invernadero, ubicada en el Departamento de Fitopatología de la UFLA. Los datos de temperatura del aire (tbs) y humedad relativa (HR) se recopilieron durante los días 13 y 14 de septiembre de 2018, con sensores / registradores portátiles ( $\pm 3\%$ ) a intervalos de 2 segundos. La eficiencia promedio presentada en el período de evaluación fue de 69.5%, caracterizando una buena eficiencia para este tipo de material empleado.

**Palabras clave:** Ambiente protegido. Enfriamiento adiabático.

## INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o cultivo de plantas em ambiente protegido, especialmente em estufas, veio revolucionar a fisiologia da produção de hortaliças. As estufas trouxeram a possibilidade de ajustar o ambiente às plantas e, conseqüentemente, estender o período de produção para épocas do ano e mesmo regiões antes inadequadas à agricultura (ANDRIOLO, 1999).

A utilização do cultivo de plantas em ambiente protegido permitiu que muitos países estendessem a capacidade de produção de alimentos. Durante muito tempo, tais sistemas de agricultura estiveram largamente concentrados em locais mais desenvolvidos, mas recentes pesquisas tornaram possível estender esta tecnologia a regiões menos desenvolvidas do planeta (JENSEN & MALTER, 1995).

O mercado consumidor está sempre exigindo produtos com cada vez mais qualidade e preços baixos. O uso do cultivo em ambiente protegido viabiliza todas as expectativas, sendo atualmente uma ferramenta totalmente disponível ao agricultor (PEREIRA & MARCHI, 2000).

A estufa é uma estrutura fechada, coberta com material transparente, dentro da qual é possível ter as condições artificiais de microclima e cultivar plantas em ambiente protegido de pragas e doenças fora da estação de plantio.

Várias são as formas de utilização das estufas, seja na área agrícola ou na urbana. Entre tais aplicações podemos citar como principais na área agrícola a construção de viveiros de mudas, a horticultura, a fruticultura e a floricultura e a piscicultura.

O controle fitossanitário no interior das estufas aliado ao monitoramento das condições ambientais e ao melhor manejo das características físico-químicas do solo são aspectos fundamentais para o sucesso do plantio protegido. O emprego de estufas que favoreçam as operações de montagem e desmontagem pode auxiliar nas práticas de revezamento e conseqüentemente promover um melhor manejo e monitoramento das condições sanitárias, reduzindo com isso o aparecimento de pragas e doenças nas camadas superficiais do solo.

As principais vantagens do emprego das estufas são: precocidade dos vegetais, melhoria na qualidade do produto, aumento no rendimento, produção fora da época, melhor aproveitamento de água e fertilizantes, melhor controle fitossanitário e possibilidade de obter mais de um ciclo de cultivo por ano. As desvantagens são: alto investimento inicial, alto custo de operação, necessidade de pessoas especializadas, com experiência prática e conhecimentos técnicos, salinização do solo por cultivos sucessivos e contaminação do solo por patógenos.

<sup>1</sup>Professor Adjunto no Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras (UFLA). E-mail: flavioufla@gmail.com

<sup>2</sup>Docente da Universidade do Estado de Minas Gerais (Unidade de Passos).

<sup>3</sup>Discente do curso de Agronomia da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

Quando se cultiva em estufa, deve-se estar atento às diferenças no ambiente comparadas com o cultivo a céu aberto, no que diz respeito à temperatura, umidade relativa do ar, radiação solar e, conseqüentemente, a evapotranspiração (EVANGELISTA & PEREIRA, 2001). Para se obter um maior controle sobre estas variáveis, pode-se utilizar estufas climatizadas.

As estufas climatizadas são construções sofisticadas, que empregam equipamentos automatizados de controle térmico e de umidade relativa do ambiente interno, para promover maior ventilação ou renovação do ar ou também de aumento da umidade relativa do ar. Podem ainda conter em uma de suas extremidades placas de resfriamento evaporativo e na outra extremidade exaustores, para promover um melhor arrefecimento do ar.

Objetivou-se com este presente trabalho, avaliar a eficiência de resfriamento em uma estufa climatizada equipada com sistema de resfriamento evaporativo do tipo placa porosa umedecida construída com material alternativo argila expandida.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A quantificação da eficiência de resfriamento em sistema de placa porosa umedecida é de grande importância para se avaliar sua condição de funcionamento. O valor é obtido conforme a equação 1 (ASHRAE, 1992), sendo dependente das temperaturas de bulbo seco e bulbo úmido do ar antes de atravessar a placa porosa umedecida ( $t_{bs,i}$ ,  $t_{wb,i}$ , respectivamente, °C) e de bulbo seco após atravessá-la ( $t_{bs,o}$ , °C).

$$\eta = \left[ \frac{(t_{bs,i} - t_{bs,o})}{(t_{bs,i} - t_{wb,i})} \right] \cdot 100 \quad (1)$$

Para o cálculo da eficiência de resfriamento, foram coletados dados em uma estufa do Departamento de Fitopatologia, da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no município de Lavras, MG, entre os dias 13 e 14 de setembro de 2018, no período de 11 a 16 horas. As coordenadas geográficas do local são de 21°14' S de latitude e de 45°00' W de longitude, a 918 m de altitude. O clima, de acordo com a classificação climática de Köppen, é do tipo cwa, temperado úmido com inverno seco (SANTOS, 2004).

A estufa (Figura 1) possui dimensões de 22,10 x 12,85 x 2,9 m, cobertura em arco de plástico transparente, orientação Leste-Oeste, quatro exaustores, sistema de ventilação em modo túnel com pressão negativa e resfriamento evaporativo do tipo material poroso umedecido, com um painel de argila expandida de dimensões 12,85 x 1,56 x 0,12 m.

Foram instalados sensores/registradores portáteis ( $\pm 3\%$ ), pré-programados para coletar dados de temperatura do ar ( $t_{bs}$ ) e umidade relativa (UR) próximos às duas faces da placa porosa umedecida (Figura 2), em intervalos de dois segundos.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Figura 3, pode-se observar graficamente o comportamento das eficiências de resfriamento para os dois dias de coleta das 11 às 16 horas. Pequena variação foi observada nos valores das eficiências, ocorrendo uma maior variação no início e final da coleta de dados, períodos mais frios no qual o sistema é ligado e desligado por diversas vezes. Os valores de eficiência medidos nos dois dias de coleta de dados se aproximaram mais

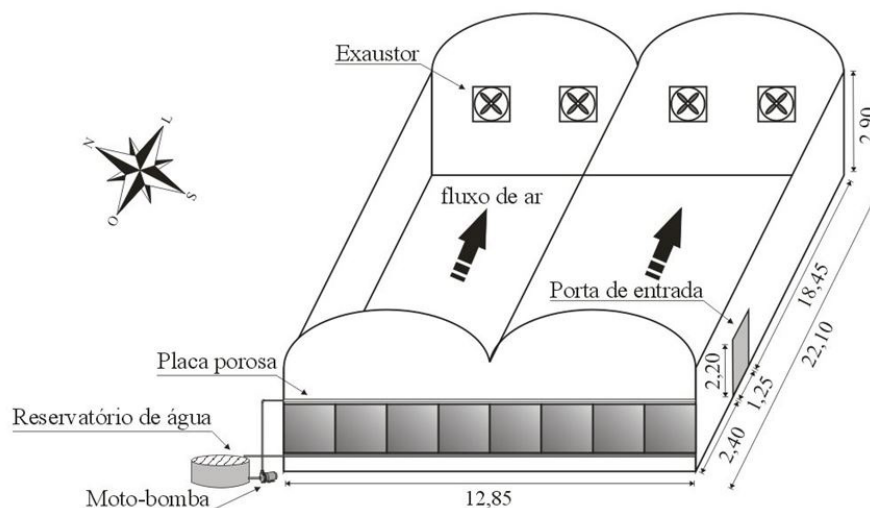
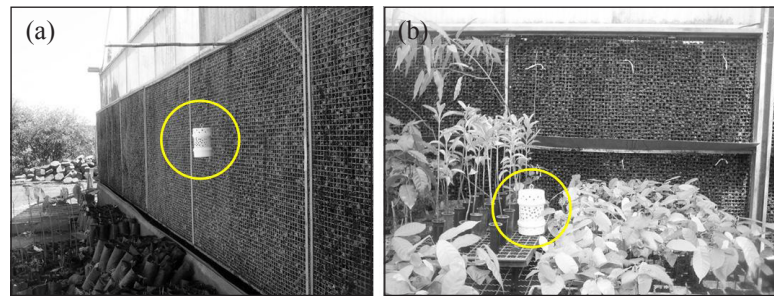


Figura 1: Perspectiva da estufa utilizada na avaliação do sistema de resfriamento evaporativo do tipo material poroso umedecido.



durante as horas mais quentes do dia, período no qual o sistema se manteve mais estável, ligado a maior parte do tempo. As eficiências médias apresentadas nos dias de coleta foram 68,4 e 70,5 %, respectivamente.

BAÊTA & SOUZA (1997), SILVA (2002) e VIGODERIS (2002), recomendam que a eficiência desejável em sistemas de resfriamento evaporativo deve estar em torno de 80%, valores estes que normalmente são alcançados por sistema de resfriamento evaporativo do tipo material poroso umedecido construído com celulose, que apresenta as seguintes desvantagens: a baixa durabilidade, fragilidade física, alto custo, dificuldade de obtenção, ataque de roedores, dentre outros (VIGODERIS, 2002).

Desta forma, o valor de eficiência obtido para o material alternativo, argila expandida, pode ser considerada razoável. As principais características deste material são: a leveza, resistência, a inércia química, a estabilidade dimensional e a incombustibilidade, além das propriedades de isolamento térmico e acústico (SILVA, 2002).

### CONCLUSÃO

A placa porosa umedecida da estufa estudada mostrou-se apropriada para o cultivo de plantas por apresentar uma boa eficiência de resfriamento para o tipo de material estudado, nas horas mais quentes do dia.

### REFERÊNCIAS

ANDRIOLO, J.L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria: UFSM, 1999.142p.

ASHRAE. Evaporative air cooling, Ch. 19. In 1992 **HVAC Systems and Equipment Handdbook**. Atlanta, Ga.: Am. Soc. of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers, Inc. 1992.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. Viçosa: UFV, 1997. 246p.

HARDOIM, P. C. **Desenvolvimento de modelos móveis de estufas para emprego em cultivo protegido**. (Notas de aula), Departamento de Engenharia / UFLA. 2002. 18p.

JENSEN, M. H.; MALTER, A. J. **Protected Agriculture: a global review**. Work Bank technical paper, n. 253, Washigton, 1995. 157p.

PEREIRA, A. W. P.; PEREIRA, G. M.. Efeito da cobertura plástica de casa-devegetação sobre os elementos meteorológicos em lavras, MG. **Revista Ciência Agro-técnica**. Lavras, v. 25, n. 4, p. 952-957, jul./ago., 2001.

SANTOS, P. A. Avaliação e predição do ambiente térmico em modelos reduzidos de galpões avícolas equipados com telhados natural e artificialmente ventilados. 2004. 76p. Tese (**Mestrado em Engenharia Agrícola**) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

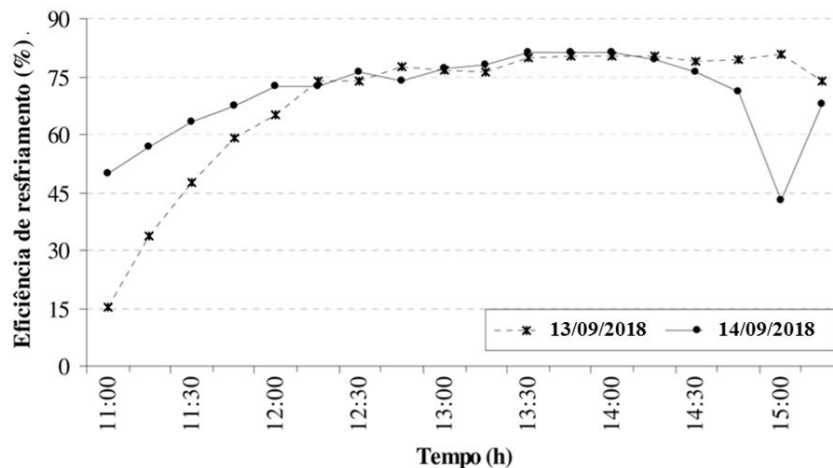


Figura 3: Eficiências de resfriamento em relação ao tempo.

SILVA, C. E. Comparação de painéis evaporativos de argila expandida e celulose para sistemas de resfriamento adiabático do ar em galpões avícolas com pressão negativa em modo túnel. 2002. 67p. Tese (**Mestrado em Engenharia Agrícola**) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

VIGODERIS, R.B. Desenvolvimento de um protótipo para resfriamento adiabático evaporativo, em instalações climatizadas para animais, usando argila expandida. 2002. 53p. Tese (**Mestrado em Engenharia Agrícola**) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo suporte financeiro ao projeto, bem como à SESu/MEC, pela bolsa do Programa de Educação Tutorial.