



Avaliação de materiais alternativos utilizados na confecção de placas porosas para sistemas de resfriamento adiabático evaporativo



Ilda de F. F. Tinôco¹, José L. A. Figueiredo², Rodrigo C. Santos³, Marcos O. de Paulo⁴, Ricardo B. Vigoderis & Nelson L. Pugliesi⁵

¹ DEA/UFV. Fone: (31) 3899-1884. E-mail: iftinoco@mail.ufv.br e cfsouza@mail.ufv.br (Foto)

² DEA/UFV. CEP 36571-000, Viçosa, MG. Fone: (31) 3899-1859. Fax: (31) 3899-2735

³ DEA/UFV. CEP 36571-000, Viçosa, MG. Fone: (31) 3899-1862. E-mail: rcouto@alunos.ufv.br

⁴ Depto. Engenharia Civil/UFV. CEP 36571-000, Viçosa, MG. Fone: (31) 3891-5295. E-mail: eg39130@correio.ufv.br

⁵ DEA/UFV. CEP 36571-000, Viçosa, MG. Fone: (31) 3891-1865. E-mail: eg32272@correio.ufv.br

Protocolo 071 - 23/5/2001

Resumo: Objetivou-se, com este trabalho, a comparação entre a eficiência de alguns materiais porosos alternativos encontrados no Brasil: cinasita (argila expandida), serragem, fibra vegetal e carvão, para o Sistema de Resfriamento Adiabático Evaporativo (SRAE). O experimento se deu em condições de verão, em estufas situadas na Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. O conforto térmico ambiente foi avaliado através do Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU) e Umidade Relativa do ar (UR), medidos diariamente, a cada duas horas, das 8 às 18 h. Os resultados obtidos foram interpretados através da análise de variância. Com base neste estudo, é possível inferir que a confecção de placas porosas para resfriadores evaporativos, utilizando-se os materiais cinasita e carvão vegetal, indica vantagens sobre os demais materiais estudados (serragem e fibra de madeira). No entanto, como não houve diferença estatística significativa em todos os horários, para os materiais testados e com base nos resultados de umidade relativa do ar e ITGU, sugere-se a condução de novas pesquisas, no sentido de se determinar a espessura correta da placa porosa, tendo em vista a obtenção correta da pressão estática do sistema, sendo este um fator determinante, no que se refere à sua eficiência.

Palavras-chave: resfriamento adiabático evaporativo, materiais porosos, conforto térmico

Evaluation of alternative materials used for pad making in the evaporative cooling system

Abstract: This study aimed to compare the efficiency of some alternative pad materials found in Brazil, such as the "cinasita" (an expanded clay), the sawdust, the vegetable fiber and coal. The experiment conducted in summer conditions, in greenhouses located in the Federal University of Viçosa, Minas Gerais. The comfort thermal atmosphere was evaluated through the Black Globe Humidity Index (BGHI) and Relative Humidity (RH), measured daily, every two hours, between 8 to 18 h. The obtained results were interpreted through the variance analysis. On the basis of this study, it is possible to infer that the making of pad for evaporative cooling systems, using the material cinasita and vegetable coal, it indicates advantages compared to other studied materials. However, as there were no significant differences in every schedule, for the tested materials on the basis of results of relative humidity of the air and BGHI. It suggests of new investigations, for the determination of correct thickness of the pad, keeping in view the correct obtaining of the static pressure of the system, as this being a decisive factor, in what refers to its efficiency.

Key words: evaporative cooling systems, pad material, thermal comfort

INTRODUÇÃO

No Brasil, o setor de produção animal tem alcançado grande desenvolvimento nos últimos anos. Constantes inovações nas áreas da genética, nutrição, manejo e sanidade estão sendo introduzidas, com o objetivo de melhorar o rendimento durante o processo produtivo; entretanto, em regiões de clima tropical e subtropical, os altos valores de temperatura e umidade do ar,

sobretudo no verão, têm-se mostrado fator limitante ao desenvolvimento, à produção e à reprodução animal. Assim, modificações como alteração na altura do pé-direito, aberturas laterais, lanternins, arborização e ventilação natural e artificial, estão sendo feitas com vistas à melhoria do conforto térmico do ambiente interno das instalações para produção animal. No entanto, segundo Curtis (1983), Gates et al. (1991) e Ryan et al. (1992), em certas regiões as temperaturas chegam a ser muito

elevadas, impondo a necessidade de se resfriar o ar que entra nas instalações. Um sistema já testado no Brasil por Tinôco (1988, 1996) e Tinôco & Resende (1997) e atualmente bastante utilizado para melhorar as condições ambientais das instalações neste país, é o Sistema de Resfriamento Adiabático Evaporativo (SRAE) através da utilização placas de material poroso, constituído de fibras vegetais, acopladas a ventilador.

De acordo com Wiersma & Stott (1974) e Bottcher et al. (1991), alguns países de clima seco e quente têm usado o sistema de resfriamento adiabático evaporativo com economia e eficiência, para promover redução da temperatura em construções agrícolas. Contudo, o material usualmente empregado nesses equipamentos corresponde as placas de celulose, as quais podem vir acompanhadas por uma série de inconvenientes no Brasil, tais como custo elevado, baixa durabilidade, dificuldade de aquisição ou problemas com roedores, entre outros.

Tendo em vista os aspectos citados e devido à falta de pesquisas específicas, este trabalho teve como objetivo a comparação da eficiência de alguns materiais porosos alternativos, facilmente encontrados no Brasil, que possam substituir com economia e eficiência, as placas de celulose comumente utilizadas. A investigação foi conduzida em casas de vegetação e os materiais alternativos estudados foram fibra vegetal, fibra de madeira (maravalha), carvão e argila expandida (cinasita).

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado em condições de verão (janeiro e fevereiro de 2000), nas estufas do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, Minas Gerais.

Os dados climatológicos para Viçosa, segundo classificação de Koppen, é Cwa, mesotérmico úmido, com verões quentes e invernos secos. A temperatura máxima média e a temperatura mínima média são 26,1 e 14,0 °C, respectivamente.

Medições realizadas

Durante o experimento foram utilizados quatro ventiladores similares de 0,80 m de diâmetro, posicionados externamente às estufas de vidro, à 1,0 m de altura e com fluxo em direção ao interior das mesmas. Os ventiladores foram do modelo centrífugo, 300 m³ min⁻¹ de vazão, acoplados às placas constituídas dos diferentes materiais porosos.

Os dados de temperatura de globo negro, temperaturas de bulbo seco e úmido e velocidade do ar foram coletados a cada duas horas, no intervalo das 8 às 18 h, sempre na altura do centro do ventilador. Com esses dados, calcularam-se os Índices de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU) e Umidade Relativa do ar (UR) para o interior e exterior da estufa.

Os resultados obtidos foram interpretados estatisticamente por meio de análise de variância, sendo que as médias dos fatores qualitativos foram comparadas pelos testes F e/ou Tukey, adotando-se níveis de 5 e 1% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Índice de temperatura do globo negro e umidade

O resumo da análise de variância referente aos efeitos dos materiais porosos utilizados (T) e das horas (H) com relação a

média horária do ITGU tomados internamente nas estufas, está apresentado na Tabela 1. Por esta tabela, verifica-se que houve diferença significativa entre os valores de ITGU tomados no interior das mesmas somente com relação às horas de observação. Dentro de cada horário de observação, não ocorreu diferença significativa entre os valores de ITGUs para os diferentes materiais porosos estudados.

Tabela 1. Resumo da análise de variância referente aos efeitos dos materiais porosos utilizados (T) e das horas (H), com relação à média horária do ITGU, obtida para o interior das estufas

Fontes de Variação	Grau de Liberdade	Quadrados Médios ITGU
Material (T)	3	1,8218
Horário (H)	5	173,1833**
T x H	15	1,6961
Resíduo b	140	4,5894

** F significativo em nível de 1% de probabilidade

Os resultados médios de ITGU para diferentes horários de observação estão representados na Figura 1.

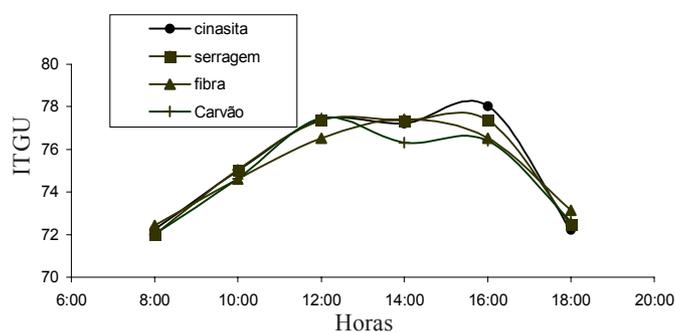


Figura 1. Variação do Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU) para os diferentes materiais porosos estudados em diferentes horas do dia

Observa-se que os menores valores de ITGU ocorreram no período da manhã, crescendo gradualmente até valores máximos entre 12 e 16 h, decrescendo a partir daí, até o final do dia. Tal comportamento dos valores de ITGU, foi verificado por outros autores (Tinôco, 1996; Baeta & Souza, 1998) segundo os quais isto ocorre em virtude de uma temperatura maior nas vizinhanças do globo negro, fazendo com que este receba calor do ambiente, acarretando elevação de sua temperatura e, conseqüentemente, elevação nos valores de ITGU.

Observa-se, também, que entre 12 e 16 h, os valores de ITGU tiveram comportamento indicativo de que o sistema de resfriamento adiabático evaporativo, independente do material poroso utilizado conseguiu manter a temperatura interna das estufas em patamares mais homogêneos, ou seja, diferentemente do comportamento normalmente obtido em ambientes sem climatização, nos quais a tendência da curva de temperatura ao longo do período entre 12 e 16 h é crescer até próximo as 14 h, decrescendo a partir daí, no caso do sistema em estudo. A figura representativa deste período, indica que entre 12 e 14 h o resfriamento evaporativo possibilitou uma suavização na curva. Este comportamento indica que o sistema permite contribuir para a melhoria do arrefecimento

térmico e, em conseqüência, para as condições de conforto ambiente.

Diferença entre os valores internos e externos de ITGU

A Tabela 2 fornece o resumo da análise de variância referente aos materiais porosos utilizados (T) e horas (H) com relação à média horária da diferença entre os valores de ITGU obtidos interna e externamente à estufa. Observa-se diferença significativa ao nível de 1% para o efeito das horas de observação (H) e em nível de 5% para o efeito material poroso (T).

Tabela 2. Resumo da análise de variância referente aos efeitos dos materiais porosos utilizados (T) e das horas (H), com relação à média horária da diferença entre os valores externos e internos do ITGU

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios ITGU
Material (T)	3	29,8612
Horário (H)	5	1095,749**
T x H	15	10,8643
Resíduo b	140	23,5236

** F significativo em nível de 1% de probabilidade

Na Figura 2 estão apresentadas as diferenças entre as médias dos ITGUs internos e externos, para o vários materiais porosos, em função das horas do dia. Verifica-se que, embora não tenha observado diferença significativa (Tabela 2), o material cinasita proporcionou maior diferença absoluta entre os valores de ITGU em todos os horários de observação, com exceção das 16 h, quando o material carvão proporcionou a maior diferença.

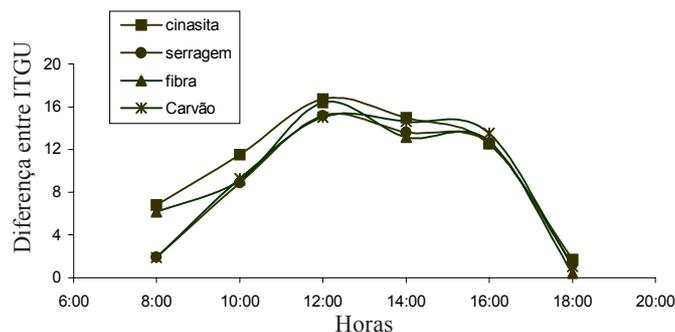


Figura 2. Variação das médias dos Índices de Temperaturas de Globo Negro e Umidade (ITGU) internos e externos, para os diferentes materiais porosos, em função das horas do dia

Esses resultados sugerem que, mesmo de forma não significativa, a cinasita indica um efeito mais direto sobre a redução da temperatura do ar, pressupondo-se ser um material mais adequado para processos evaporativos.

Umidade relativa do ar

O resumo da análise de variância referente aos efeitos dos materiais porosos utilizados (T) e das horas (H) com relação à média da umidade relativa do ar, encontra-se na Tabela 3, na qual se constata que houve diferença significativa ($p < 0,01$) entre os valores de umidade relativa no interior da estufa nos diversos tipos de material poroso (T) e entre as horas de observação (H).

Tabela 3. Resumo da análise de variância referente aos efeitos dos materiais porosos utilizados (T) e das horas (H), com relação à média da umidade relativa do ar

Fontes de Variação	Grau de Liberdade	Quadrados Médios ITGU
Material (T)	3	216,8717**
Horário (H)	5	495,7855**
T x H	15	45,8378
Resíduo b	140	41,9594

** F significativo em nível de 1% de probabilidade

A Tabela 4 apresenta os valores médios de umidade relativa para os respectivos materiais porosos, em cada horário de observação. Nela se observa que os valores médios da umidade relativa, correspondentes aos quatro tipos de materiais porosos, somente apresentaram diferença significativa às 14 h, com valores menores para o carvão, o qual, por sua vez não diferiu estatisticamente da cinasita.

Tabela 4. Valores médios* de umidade relativa para os diferentes materiais porosos, em cada horário de observação

Horário	Materiais Porosos			
	Cinasita	Serragem	Fibra	Carvão
08:00	85,5480 a	87,3748 a	88,6505 a	87,0886 a
10:00	80,7341 a	82,6762 a	81,5488 a	78,1196 a
12:00	78,1184 a	79,8991 a	80,3833 a	78,3406 a
14:00	74,5935 ab	81,6720 a	81,2893 a	68,3930 b
16:00	77,7509 a	81,5412 a	83,2824 a	77,8331 a
18:00	84,0211 a	86,8494 a	83,9969 a	85,2208 a

* As médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem em nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey

Verifica-se que nos horários das 12 às 16 h, mesmo que estatisticamente iguais, os materiais cinasita e carvão foram os que apresentaram menores valores absolutos de umidade relativa, indicando que esses materiais podem não ter sido totalmente explorados em termos de arrefecimento térmico, ou seja, o sistema composto com cinasita ou carvão, não trabalhou na sua eficiência máxima.

Esses resultados sugerem que, para uma mesma pressão estática, possivelmente os materiais cinasita e carvão poderiam conduzir a melhores resultados de ITGU que a serragem e a fibra vegetal, indicando a necessidade de mais investigações.

Diferença entre os valores internos e externos de umidade relativa

A Tabela 5 fornece o resumo da análise de variância referente aos efeitos dos materiais porosos utilizados (T) e das horas (H) com relação à diferença entre o exterior e o interior da estufa,

Tabela 5. Resumo da análise de variância referente aos efeitos dos materiais porosos utilizados (T) e das horas (H), com relação à diferença entre os valores externos e internos da estufa, para umidade relativa

Fontes de Variação	Grau de Liberdade	Quadrados Médios ITGU
Material (T)	3	346,5084**
Horário (H)	5	885,8581**
T x H	15	79,0118
Resíduo b	140	86,7662

** F significativo em nível de 1% de probabilidade

para a umidade relativa. Verifica-se que houve diferença significativa ($p < 0,01$) entre os diversos tipos de materiais porosos e entre os horários de observação.

O gráfico da variação da diferença de umidade relativa entre o exterior e o interior da estufa (Figura 3), em função dos horários de maior temperatura, entre 12 e 16 h, os materiais cinasita e carvão foram aqueles que, em média, apresentaram valores menores para a diferença entre umidades, ou seja, foram aqueles que proporcionaram menor incremento de umidade do ar e, portanto, não trabalharam com sua máxima eficiência evaporativa. Infere-se daí que, em placas evaporativas melhor dimensionadas, esses materiais poderiam ter comportamento arrefecedores superior ao da serragem e da fibra de madeira.

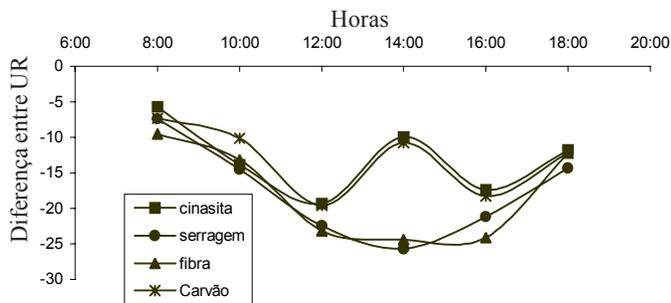


Figura 3. Variação da diferença de umidade relativa entre o exterior e o interior da estufa, para os diversos materiais porosos, em função das horas do dia

Os materiais que apresentaram maiores valores de UR foram a serragem e a fibra de madeira sendo, portanto, os que propiciaram também maior incremento de umidade relativa do ar no interior da estufa, indicando terem atingido o máximo de seu potencial de arrefecimento térmico.

CONCLUSÕES

Com base neste estudo, é possível inferir que a confecção de placas porosas para resfriadores evaporativos, utilizando-se os materiais cinasita e carvão vegetal, indica vantagens sobre

os demais materiais estudados (serragem e fibra de madeira). No entanto, como não houve diferença estatística significativa em todos os horários, para os materiais testados e com base nos resultados de umidade relativa do ar e ITGU, sugere-se, a condução de novas pesquisas, no sentido de se determinar a espessura correta da placa porosa, tendo em vista a obtenção correta da pressão estática do sistema, sendo este um fator determinante, no que se refere à sua eficiência.

LITERATURA CITADA

- Curtis, S.E. Environmental management in animal agriculture. Ames, Iowa: Iowa State University Press, 1983. 407p.
- Bottcher, R. W.; Baughman, G. R.; Gates, R. S. Characterizing efficiency of misting systems for poultry. Transactions of the ASAE, St. Joseph, v.34, n.2, p.586-590, 1991.
- Gates, R. S.; Usry, J.L; Niemaber, J. A. An optimal misting method for cooling livestock housing. Transactions of the ASAE, St. Joseph, v.34, n.5, p.2199-2206, 1991.
- Ryan, D.P.; Boland, M. P.; Kopel, E. Evaluating two different evaporative cooling management systems for dairy cows in a hot, dry climate. Journal of Dairy Science, v.75, n.4. p.1052-1059, 1992.
- Tinôco, I. F. F. Resfriamento adiabático (evaporativo) na produção de frangos de corte. Viçosa: UFV, 1988. 92p. Dissertação Mestrado
- Tinôco, I.F.F. Efeito de diferentes sistemas de acondicionamento de ambiente e níveis de energia metabolizável na dieta, sobre o desempenho de matrizes de frangos de corte, em condições de verão e outono. Belo Horizonte: UFMG. 1996. 169p. Tese Doutorado
- Tinôco, I.F.F; Resende, P.L. Produção de frango de corte em alta densidade. Manual CPT- Centro de Produções Técnicas. 1997. 20p.
- Wiersma, F.; Stott, F.M. Response of dairy cattle to an evaporative cooled environment. Proceedings of the Livestock Environment. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers. 1974. p.88-95.