

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
Campus de Piracicaba  
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ"  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA RURAL

# **ENGENHARIA RURAL**

ISSN 0103 - 5185

Eng. Rural	Piracicaba	V. 1	N. 2	p. 1 – 102	Dezembro – 1990
------------	------------	------	------	------------	-----------------

## SUMÁRIO

### ARTIGOS CIENTÍFICOS

- Exploração da cultura do trigo (*Triticum aestivum*, L.) em sucessão ao arroz em solo glei pouco húmico.  
Exploration of wheat (*Triticum aestivum*, L.) in succession to rice in gley humic soil.  
CAVALHEIROS, R. de O.; FARIA, R.T.; MACHADO, P. . . . . 01
- Efeitos do horário e da lâmina de irrigação no desenvolvimento da cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.).  
Effects of irrigation time and water depth of water potato (*Solanum tuberosum* L.) growth.  
DUARTE, S.N. & OLITTA, A.F.L. . . . . 19
- Influência dos materiais de cobertura no conforto térmico de abrigos.  
Coating material influence on shield thermal confort.  
SILVA, I.J.O. da; GHELFI FILHO, H. . . . . 43
- Distribuidor oscilante de fertilizante: simulação de desempenho.  
Oscillatory fertilizer spreader: simulation of performance.  
SILVA, N.F. da; CARDOSO JR., M.M.; BALASTREIRE, L.A. . . 56
- ### ARTIGOS TÉCNICOS
- Manejo de irrigação em atmômetros.  
Scheduling irrigations using a atmometers.  
LAW, R.A.P. . . . . 77
- Programa para confecção da curva de retenção da água no solo utilizando o modelo de GENUCHTEN.  
Software for the manufacturing of water-retention curves of soils using the model GENUCHTEN.  
DOURADO NETO, D.; LIER, Q. de J.V.; BOTREL. T.A.; LIBARDI, P.L. . . . . 92

1 SILVA, I. J. O. da  
1 GHELFI FILHO, H.  
2 CONSIGLIERO, F. R.

RESUMO

O presente trabalho estudou o efeito da Carga Térmica Radiante (CTR) e do Índice de temperatura de Globo e Umidade (ITGU) em abrigos com diferentes materiais de cobertura.

Alguns abrigos foram cobertos com telhas de barro, tipo capa-canal; outras com telha ondulada de cimento amianto de 6mm e por fim, o restante com o mesmo tipo de telha, mas em duas camadas, formando um colchão de ar de 5cm de espessura.

Para a avaliação do fenômeno foram registradas as seguintes variáveis climáticas: temperatura de máxima e mínima, velocidade do vento, umidade relativa e temperatura "de globo negro", durante o verão. Concluiu-se que houve uma tendência do ITGU e CTR do abrigo coberto com telha de cimento amianto em camada dupla aproximaram-se dos mesmos índices do abrigo coberto com telha de barro, cujos valores foram menores que os apresentados pelo abrigo coberto com telha de cimento amianto simples. Palavras chave: Material de cobertura, conforto térmico.

COATING MATERIAL INFLUENCE ON SHIELD  
THERMAL CONFORT

ABSTRACT

The present work observed the Radiant Thermal Load (C.T.R.) effect and the Globe and Humidity Index (I.T.G.U.) in shelters of

1 ESALQ/USP - GRUPO CONFORTO TÉRMICO  
2 INST. DE ZOOTECNIA - GRUPO CONFORTO TÉRMICO

SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, D.;  
VILLA NOVA, N.A. Manual de ecologia dos insetos. São Paulo, Ceres, 1976. 419p.

VAKIS, N.J. Influence of physiological ageing of seed potatoes on yield and aerliness. Potato Research, Wagenigen, 29(4): 417-26, 1986.

VIDALIN, F. Pratique des irrigations. Paris, Librairie Agricola de La Maison Rustique, 1902. 155p.

WIERENGA, P.J.; HAGAN, R.M.; GREGORY, E.J. Effects of irrigation water temperature on soil temperature. Agronomy Journal, Madison, 63: 33-6, 1971.

WIERENGA, P.J.; HAGAN, R.M.; NIELSEN, D.R. Soil temperature profiles during infiltration and redistribution of cool and warm irrigation water. Water Resources Research, Washington, 6(1): 230-8, 1970.

WILCOX, L.M. Irrigation farming. New York, Orange Judd, 1905. 494p.

WOLFE, D.W.; FERERES, E.; VOSS, R.E. Growth and yield response of two potato cultivars to various levels of applied water. Irrigation Science, New York, 3(4): 211-22, 1982.



different coating material.

The shields were covered with clay roofing tiles, an S-like tile type, with 6 mm rippled asbestos cement tile, and also this same type of tile, double-layered, forming a 5mm air layer.

For evaluation, maximum and minimum temperature, wind velocity, relative humidity, and "black globe" temperature were registered during the summer. The ITGU and CTR indexes of the shields coated with double-layered amianthus cement tile tended to approach the same indexes as those of the shields coated with clay tiles and whose figures were lower than those presented by the regular amianthus cement tile shields.

Key words: Coating material, thermal confort.

## INTRODUÇÃO

Em climas tropicais e subtropicais, os valores de temperatura e umidade do ar têm-se mostrado limitantes ao desenvolvimento, à produção e à reprodução de animais com altos níveis de produtividade.

Um animal à sombra recebe energia das diferentes secções da sua vizinhança e cerca de 21% da carga térmica de radiação incidente sobre ele é proveniente do material utilizado na cobertura (BOND et alii, 1976).

O motivo de se construir em abrigos para animais é a de proteção contra as intempéries climáticas. Para que essa proteção seja efetiva e eficiente, em termos de produtividade animal, são necessários estudos com relação aos materiais de construção utilizados, assim como a determinação do tipo de cobertura ideal para cada tipo de criação, nas diferentes regiões do país.

Construções de ambientes e manejos adequados devem ser intensificados, a fim de que a produção animal atinja melhores condições de competição no nosso próprio mercado

consumidor e conquiste melhores posições no mercado internacional.

Estruturas agropecuárias economicamente boas para os produtores quanto à rentabilidade do rebanho e, principalmente, para os animais, quanto ao conforto térmico, devem ser desenvolvidas levando-se em consideração fatores como: aptidão climática, materiais de construção locais, além de formas alternativas de construção, pois normalmente, mais de 50% do investimento numa criação intensiva e semi intensiva, está concentrada na construção dos abrigos dos animais.

Estudos com relação aos materiais de cobertura utilizados para abrigos animais têm sido realizados em diferentes regiões do país.

Em razão do exposto, o presente trabalho foi desenvolvido tendo em vista os seguintes objetivos:

- 1) Determinar os índices de conforto térmico e a carga térmica de radiação sob telhados com cobertura de telha de barro tipo capa-canal e de cimento amianto ondulada simples e dupla.
- 2) Analisar a eficiência dos telhados com coberturas de telhas de barro tipo capa-canal, e cimento amianto na redução da carga térmica de radiação solar no interior dos protótipos.

## REVISÃO DE LITERATURA

Um dos problemas levantados pela literatura é a influência dos telhados no conforto térmico de residências e abrigos. Segundo COSTA (1982), a insolação (radiação solar) é a principal geradora do desconforto térmico nas edificações. Além disso, ressalta que as causas do desconforto térmico em habitações relacionam-se, basicamente à temperatura e umidade relativa.

TOLEDO (1970), estudando as causas do desconforto térmico em construções residenciais



em São Paulo, concluiu que o fluxo de calor através das coberturas, juntamente com as temperaturas elevadas na face inferior das telhas, pode vir a ser a causa principal do desconforto térmico, no interior das residências.

Trabalhos também conduzidos no IPT, em São Paulo, mostram que, as temperaturas efetivas em casas cobertas com telhas de fibrocimento, com áticos ventilados, foram menores do que em casas com telhas de barro, tipo francesa, sem forro, (ETERNIT, 1981).

A proteção contra a insolação direta sob coberturas, segundo COSTA (1982), pode ser feita com o uso de coberturas com alto poder reflectivo, uso de forro, uso de isolantes térmicos e uso de materiais de grande inércia térmica. Porém, a proteção mais econômica e permanente é a que forma uma camada de ar móvel junto à cobertura, conseguida com um forro adequadamente projetado.

BOND et alii (1954) testaram a efetividade dos materiais de cobertura, levando em consideração as temperaturas do termômetro de globo negro, do bulbo seco e a velocidade do ar. Cada material foi avaliado com base em um valor de efetividade (E), que mostra a razão entre a redução da CTR, oferecida pelo material, em relação à redução da CTR oferecida por um padrão; no caso, o alumínio. Os materiais que se mostraram mais efetivos foram, respectivamente o sapé, o alumínio com a superfície pintada de branco e a superfície inferior pintada de negro, e a chapa de ferro galvanizado com o mesmo tipo de pintura.

ESMAY (1979), comenta que, embora seja um dos melhores materiais para o sombreamento artificial, pelo seu poder de isolamento e boas características de superfície para perda de calor por convecção, o sapé apresenta desvantagens tais como, pouca durabilidade e alta susceptibilidade ao ataque de pragas e ao

fogo. A chapa de ferro galvanizado quando nova, é praticamente tão efetiva quanto a chapa de alumínio. Entretanto, com o uso, sua superfície externa sofre processos corrosivos, o que implica perda de efetividade.

O uso de pintura branca nas telhas de fibrocimento promove a reflexão da radiação solar, e, com isso, acarreta a redução da quantidade de calor de radiação gerado na cobertura. Casas com telhas de fibrocimento pintadas de branco apresentam médias diárias de temperaturas efetivas internas menores que as registradas em casas com telhas de barro na cor natural, (ETERNIT, 1981)

Também diante da necessidade de se ter parâmetro para verificar o efeito da cobertura em abrigo, LEAL (1981) estudou os três tipos de telhas (barro, alumínio e cimento amianto) e concluiu que, nos protótipos estudados a telha cerâmica apresentou um melhor coeficiente de conforto térmico, em relação aos demais utilizados.

ROSA (1984), estudando a influência de três materiais de cobertura sobre o índice de conforto térmico, em condições de verão para Viçosa-MG, concluiu que, para o dia típico de céu descoberto, com 12,3 horas de brilho solar, a maior eficiência na redução da CTR e as melhores condições de conforto térmico foram obtidos sob a cobertura de barro, depois sob a cobertura de alumínio e finalmente, sob a cobertura de cimento-amianto, com menor desempenho.

CAMPOS (1986), trabalhando com a determinação do índice de conforto térmico e da carga térmica de radiação em galpões cobertos com telha de cimento amianto e telhas francesas (com e sem forro), concluiu que o uso de forro influenciou significativamente na redução da carga térmica radiante em coberturas de telha com cimento amianto, e os galpões que apresentaram melhor desempenho, para melhorar o



conforto térmico, foram os cobertos com telha de barro (com e sem forro), seguidos dos cobertos com cimento amianto, com forro.

## MATERIAIS E METODOS

O experimento teve sua primeira etapa realizada no campo experimental do DER/ESALQ/USP, sendo os dados coletados nos períodos de 09/02 a 14/03 de 1990, nos horários de 8:00; 11:00; 14:00; 17:00 h, correspondendo à época de verão.

## CARACTERISTICAS DOS ABRIGOS

Os abrigos foram instalados sobre o solo gramado, sendo a sua estrutura em madeira, com fechamento lateral com tela de polietileno, possuindo o telhado duas águas, cujo comprimento maior foi orientado no sentido leste-oeste. Os abrigos somente foram diferenciados pelos materiais de cobertura, tendo as medidas de 2,00 x 1,00m com área total de 2,00m<sup>2</sup> e altura de 1,75m. As coberturas utilizadas foram:

Altura de 1,75m.

Abrigo 1: Coberto com telha de barro tipo capa-canal, com declividade de 36%.

Abrigo 2: Coberto com telha ondulada de cimento amianto de 6mm, com declividade de 26%.

Abrigo 3: Coberto com telha ondulada de cimento amianto de 6mm e duas camadas formando um colchão de ar de 5cm de espessura, com declividade de 26%.

## INSTRUMENTAÇÃO

Em cada abrigo foram instalados os seguintes equipamentos:

**Termômetros de máxima e mínima:** As temperaturas de máxima e mínima foram registradas diariamente, para fornecerem a caracterização das condições do ambiente interno do abrigo, durante o desenvolvimento do experimento.

**Termômetro de Globo Negro:** A temperatura do globo negro é obtida por esse termômetro, o qual também é utilizado para a determinação da carga térmica de radiação. Esse termômetro consta de uma esfera de cobre enegrecida, em cujo interior se aloja um termopar, que fornece uma indicação dos efeitos combinados da radiação, da temperatura, da velocidade e da umidade do ar. A instalação do termômetro de globo foi a 0,85m do piso, correspondendo ao centro geométrico do abrigo.

**Termômetro de bulbo seco e bulbo úmido (Psicrômetro Aspirado):** Com estas temperaturas e através do programa computacional (psicart, BIAGI & SILVA, 1990), foram determinadas as propriedades psicométricas do ar.

Tendo em vista a caracterização do ambiente na região da instalação do experimento, foram coletados dados climatológicos na estação meteorológica do Departamento de Física e Meteorologia da ESALQ com as seguintes variáveis: temperatura máxima, temperatura mínima, umidade relativa.

Após a coleta de dados, a avaliação dos efeitos do tipo de cobertura nos protótipos estudados, foi feita através dos seguintes índices:

a) Carga Térmica de Radiação:

A Carga Térmica de Radiação (CTR) fornecida para cada tipo de material de cobertura foi determinada pela equação (1) proposta por ESMAY (1979).

$$CTR = \sigma (TMR)^4 \dots\dots\dots (eq.1)$$

A Figura 1 mostra a variação da entalpia durante o período estudado, verificando-se que a ocorrência do maior valor foi no dia 12/02, eleito como o dia crítico do período.

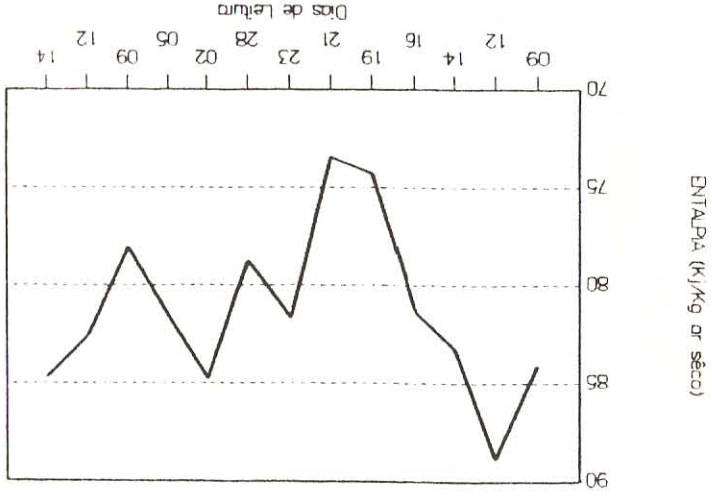


Fig. 1. Dia Crítico em Função da Entalpia.

A influência dos materiais de cobertura foi analisada para o dia crítico, em função do índice de temperatura de globo e unidade (ITGU) e da carga térmica radiante (CTR).

O gráfico da Figura 2 apresenta o comportamento do ITGU em função dos materiais de cobertura utilizados; nos horários de estudo. Observa-se que, nos horários de maior incidência solar, as coberturas com telhas de barro e telhas de cimento amianto em camada dupla, apresentaram índices com resultados próximos (83,06 e 83,46 às 11:00 h; 83,74 e 83,66 às 14:00 hs respectivamente). Enquanto na

em que:

CTR = Carga Térmica de Radiação, ( $W \cdot m^{-2}$ )

$\sigma = 5,67 \times 10^{-8} W \cdot m^{-2} \cdot K^{-4}$  (Constante de Stefan Boltzman)

TMR = Temperatura Média Radiante, (K)

b) Temperatura Média Radiante

$$TMR = 100 [2,51 V (Tgn - Ta) \left( \frac{CTR}{Tgn} \right)^{1/4}]^{1/4} \text{ (eq. 2)}$$

em que:

VV = Velocidade do vento, (m/s)  
Ta = Temperatura ambiente, (K)

c) Índice de Conforto Térmico:

Com o objetivo de estabelecer níveis de conforto térmico em relação às condições ambientais, foi determinado o Índice de Temperatura de Globo e Unidade (ITGU), representado pela equação 3 proposto por BUFFINGTON et alii (1981).

$$ITGU = Tgn + 0,36Tpo - 330,08 \dots \text{ (eq. 3)}$$

em que:

Tgn = Temperatura de Globo Negro, (K)

Tpo = Temperatura do Ponto de Orvalho, (K)

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a avaliação dos resultados referente ao período estudado, utilizou-se o dia de maior entalpia, "dia crítico", determinado em função da umidade relativa e da temperatura média.



cobertura com telhas de cimento amianto simples, o mesmo foi de 84,87 às 11:00 h. e 87,24 às 14:00 h, mostrando esse tipo de cobertura um maior desconforto ambiental.

Através do cálculo da carga térmica radiante (CTR), nota-se também a proximidade dos resultados avaliados nos dois tipos de cobertura (barro e cimento amianto duplo) principalmente no período mais quente do dia, pois nesses tipos de cobertura a CTR foi de 554,46  $W/m^2$  e 582,05  $W/m^2$  para às 11:00 h e 549,43  $W/m^2$  e 543,08  $W/m^2$  para às 14:00 h, respectivamente. Já na cobertura com cimento amianto simples, a CTR foi de 609,90  $W/m^2$  para às 11:00 h e 646,68  $W/m^2$  para às 14:00 h, conforme o gráfico da Figura 3.

Evidencia-se através dos resultados de ITGU e CTR, que as coberturas utilizando telhas de barro e cimento amianto duplas, apresentaram um comportamento de maior conforto em relação à cobertura de telha de cimento amianto simples.

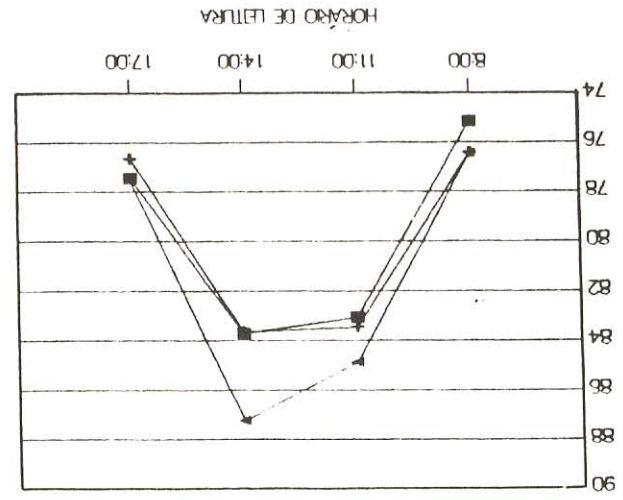
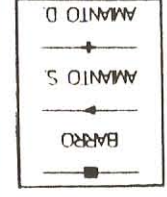
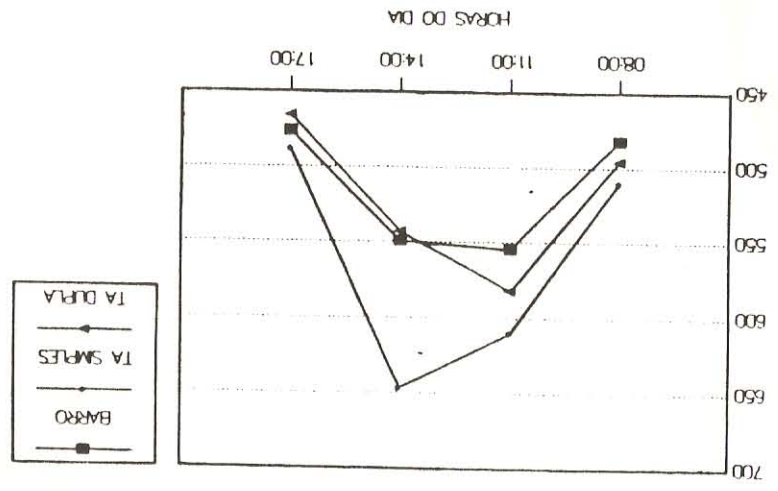


Fig. 2. Comportamento do índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) nos materiais de cobertura.

ND TEMP GLOBO E UMID

Fig. 3. Variação da carga térmica radiante (CTR) nos materiais de cobertura.



CARGA TERMICA RADIANTE (W/M2)

CONCLUSÕES  
De acordo com os resultados encontrados, podemos concluir que:

- 1) Baseado no ITGU e CTR, o colchão de ar formado pela cobertura de telha de cimento amianto dupla, minimizou o efeito desses índices em relação à cobertura com telha de cimento amianto simples.
- 2) A utilização da camada de ar entre as telhas de cimento amianto possibilitou uma cobertura com comportamento próximo à cobertura de telhas de barro, principalmente nos horários de maior incidência solar.
- 3) O uso da telha de cimento amianto em camada dupla, mostrou ser mais uma opção de cobertura para instalações rurais, visto que se reduz a carga térmica radiante a níveis aceitáveis de conforto.



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

BIAGI, J.D. & SILVA, I.J.O da. Software para determinar as propriedades psicometricas do ar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRICOLA, 19. Piracicaba, 1990. Anais. Jaboticabal, SBEA, 1990. p.72-84.

BOND, T.E.; KELLY, C.F.; ITTNER, N.R. Radiation Studies of painted shade materials. Agricultural Engineering, St. Joseph, 35(6): 389-92, 1954.

BOND, T.E.; NEUBAUER, L.W.; GIVENS, R.L. The influence of slope and orientation of effectiveness of livestock shades. Transactions of the ASAE, St. Joseph, 19(11): 134-6, 1976.

BUFFINGTON, D.E.; ARCOHO, A.C.; CANTON, G.H.; PITT, G.; FHATCHER, W.W.; COLLIER, R.Y. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. Transactions of the ASAE, St. Joseph, 24(3): 711-4, 1981.

CAMPOS, A.T. de. Determinação dos índices de conforto e da carga térmica de radiação em quatro tipos de galpões, em condições de verão para Viçosa-MG. Viçosa, 1986. 66p. (M.S. - Universidade Federal de Viçosa).

COSTA, E. C. da. Arquitetura ecológica: condicionamento térmico natural. São Paulo, Edgard Blucher, 1982. 264p.

ESMAY, M.L. Principles of animal environment. Westport, AVI Publishing, 1979. 325p.

LEAL, P.A.M. Determinação do microclima gerado dentro de uma estrutura a partir de dados ambientais. Campinas, 1981. 79p. (Mestrado Universidade de Campinas).

ROSA, Y.B.C.T. Influência de três materiais de cobertura no índice de conforto térmico, em condições de verão, para Viçosa-MG. Viçosa, 1984. 77p. (M.S. - Universidade Federal de Viçosa).

TOLEDO, E. Coberturas residenciais: proteção térmica. São Paulo, Eternit, 1970. 76p. (Boletim, 59)