

## EFICIÊNCIA TÉRMICA DE TELHAS DE DIFERENTES MATERIAIS EM INSTALAÇÕES ANIMAIS DE PRODUÇÃO

**EDUARDO TORRES M. DA SILVA<sup>1</sup>, SILVIA REGINA LUCAS DE SOUZA<sup>2</sup>, LEDA GOBBO DE FREITAS BUENO<sup>3</sup>, CLEBER ALEXANDRE DE AMORIM<sup>4</sup>, DAVI RODRIGO DE MIRANDA<sup>5</sup>.**

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia Rural e Socioeconomia, FCA – UNESP Campus Botucatu, Rodovia Alcides Soares, Km 3 - Fazenda Experimental Lageado -Botucatu/SP -CEP 18610-034. Email: eduardo.torres@unesp.br

<sup>2</sup> Departamento de Engenharia Rural e Socioeconomia, FCA – UNESP Campus Botucatu, Rodovia Alcides Soares, Km 3 - Fazenda Experimental Lageado -Botucatu/SP -CEP 18610-034. Email: silvia.souza@unesp.br

<sup>3</sup> Departamento de Engenharia Rural e Socioeconomia, FCA – UNESP Campus Botucatu, Rodovia Alcides Soares, Km 3 - Fazenda Experimental Lageado -Botucatu/SP -CEP 18610-034. Email: leda.bueno@unesp.br

<sup>4</sup> Departamento de Engenharia Rural e Socioeconomia, FCA – UNESP Campus Botucatu, Rodovia Alcides Soares, Km 3 - Fazenda Experimental Lageado -Botucatu/SP -CEP 18610-034. Email: cleber.amorim@unesp.br

<sup>5</sup> Departamento de Engenharia Rural e Socioeconomia, FCA – UNESP Campus Botucatu, Rodovia Alcides Soares, Km 3 - Fazenda Experimental Lageado -Botucatu/SP -CEP 18610-034. Email: davi.miranda@unesp.br

**RESUMO:** A eficiência térmica das telhas em instalações para produção animal impacta diretamente a temperatura interna dos alojamentos e, por consequência, o bem-estar dos animais. Este estudo compara a temperatura superficial interna das telhas de diferentes materiais nos períodos matutino e vespertino para avaliar o conforto térmico. Imagens termográficas da câmera TESTO 875 – 2i foram registradas na parte interna dos telhados de duas instalações animais da FMVZ - Unesp Campus Botucatu, uma composta por telhas de cerâmica e outra por telhas de fibrocimento. Após a seleção de pontos aleatórios nas imagens, utilizou-se a análise exploratória dos dados para cada material de telha e período do dia, aplicando o teste T (95% de significância). Verificou-se que a telha de cerâmica é mais indicada para instalações animais, devido à maior eficiência térmica e capacidade de dissipação de calor em comparação ao fibrocimento. Entretanto, no período vespertino, a aspersão das telhas de fibrocimento favoreceu a diminuição da temperatura interna. Conclui-se que as telhas de cerâmica proporcionam maior conforto térmico para os animais, enquanto a aspersão da telha de fibrocimento contribui para a redução da carga térmica no telhado durante a maior incidência solar.

**Palavras-chaves:** conforto térmico e ambiência, bem-estar animal, temperatura superficial, construções rurais.

## THERMAL EFFICIENCY OF ROOFS MADE OF DIFFERENT MATERIALS IN ANIMAL PRODUCTION FACILITIES

**ABSTRACT:** The thermal efficiency of roofing materials in animal production facilities directly impacts the internal temperature of buildings and, consequently, animal well-being. This study compared the internal surface temperatures of different roofing materials in the morning and afternoon to assess their thermal comfort. Thermographic images were taken via a TESTO 875–2i camera from the interior of the roofs in two animal facilities at FMVZ - Unesp Campus Botucatu, one with ceramic tiles and the other with fiber cement tiles. After random points in the images were selected, exploratory data analysis was conducted for each roof material and time of day, and a t test (95% significance) was applied. Compared with fiber cement tiles, ceramic tiles are more suitable for use in animal facilities because of their higher thermal efficiency and heat dissipation capacity. However, in the afternoon, sprinkling the fiber cement tiles helped reduce the internal temperature. It is concluded that ceramic tiles provide greater thermal comfort for animals, whereas sprinkling with fiber cement tiles contributes to reducing the thermal load on the roof during periods of high solar incidence.

**Keywords:** thermal comfort and ambiance, animal welfare, surface temperature, rural constructions.

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um grande produtor e exportador de proteína animal desempenhando um papel significativo na economia brasileira, contribuindo para a geração de empregos, aumento da produção de alimentos e impulsionamento do setor agroindustrial.

Sendo o Brasil um país localizado nos trópicos, a maior parte das regiões destinadas a produção agropecuária ocorrem em locais com climas quentes e que necessitam instalações adequadas para proporcionar o conforto térmico, bem-estar animal e conseqüentemente maior produtividade e sustentabilidade (Pandorfi; Almeida; Guiselini, 2012)

A importância da adequação climática das instalações para criação de animais de produção é considerada fator crucial no sucesso ou fracasso do empreendimento. Para isso as instalações devem proporcionar conforto térmico e ambiência, por meio de projetos que integrem o uso de materiais adequados visando minimizar a radiação solar direta e indireta no interior das instalações (Tinôco, 1998; Kawabata, 2003).

O material das telhas usadas é o local onde a radiação solar atua com maior intensidade, tendo extrema importância no valor da temperatura efetiva, já que o fluxo de calor que passa pela telha, nos horários de temperaturas mais quentes do dia, pode ser cinco vezes maior em relação ao do que aquele do ambiente interno (Gomes Filho, 2010).

As telhas mais utilizadas em instalações para animais de produção são as de alumínio, cerâmica e fibrocimento (Tinôco, 2001). A telha de fibrocimento tem grande absorção da radiação o que aumenta a temperatura no interior da instalação. Moura (2001) cita que existem várias formas de minimizar com baixo custo os efeitos da radiação solar sobre o telhado, como a pintura reflexiva e o uso de nebulização constante na parte externa.

Fiorelli *et al.* (2010) realizaram uma avaliação comparativa entre diferentes materiais, tanto reciclados quanto convencionais, destinados à construção de telhados para instalações de produção animal. Os resultados indicaram que as telhas recicladas demonstraram níveis de conforto térmico

semelhantes aos observados nas telhas cerâmicas. O protótipo coberto com telhas de fibrocimento apresentou os índices mais elevados de conforto térmico, enquanto aquele com telhas cerâmicas brancas registrou os menores índices (Fiorelli *et al.*, 2010).

Estudos têm evidenciado a eficácia da termografia como uma técnica para avaliar diversos materiais, inclusive a temperatura superficial de animais, de maneira não invasiva. Essa ferramenta demonstra utilidade na detecção de problemas relacionados à inércia térmica em edificações rurais, sendo empregada na análise da distribuição da temperatura na superfície de animais, na identificação de eventos fisiológicos, em diagnósticos de doenças e em avaliações da qualidade da carne (Knížková *et al.*, 2007; Montanholi *et al.*, 2008; Bouzida; Bendada; Maldague, 2009; Nascimento *et al.*, 2014).

Desse modo, este estudo tem como objetivo avaliar e comparar a eficiência térmica entre dois materiais utilizados na construção de telhados de alojamentos para produção animal.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A coleta de dados foi realizada na fazenda experimental Lageado da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ), Unesp, campus de Botucatu/SP (22,51°S; 48,25°O). O município de Botucatu tem classificação climática segundo Köppen, como sendo Cfa, clima temperado quente (mesotérmico) úmido, e a temperatura média do mês mais quente é superior a 22°C

Foram utilizados dois galpões para criação de animais, um específico para suínos, destinado a fase de maternidade e o outro para cunicultura.

Em relação a sala de maternidade dos suínos, não foi utilizado aquecimento para os leitões visto que as fêmeas estavam gestantes, no período de adaptação à gaiola, durante a coleta de dados. Dessa forma, a maternidade é equipada com ventiladores, cortinas e aspersores no telhado para o controle da temperatura interna da instalação. Por fim, o material que compõe o telhado da maternidade é o fibrocimento.

A instalação destinada a cunicultura,

por sua vez, conta com ventiladores e o manejo de cortinas para controle da temperatura interna. Já o material das telhas presente no galpão é do tipo cerâmico.

As imagens foram coletadas por meio de câmera termográfica TESTO 875 – 2i entre os dias 25 e 27 de janeiro de 2016, em dois períodos diferentes para a maternidade de suínos: nos horários entre 8 e 9 horas da manhã (mínima) e das 14 às 15 horas da tarde (máxima). Enquanto isso, para a instalação da

cunicultura, foram registradas imagens do dia 22 e entre os dias 26 a 29 de janeiro de 2016, nos mesmos períodos e intervalo de horários em relação ao galpão de suínos.

Através do software Testo IRSoft (versão 5.0), foram selecionados pontos correspondentes aos telhados das instalações, registrando apenas as temperaturas das telhas de fibrocimento para a instalação de suínos (Figura 1).

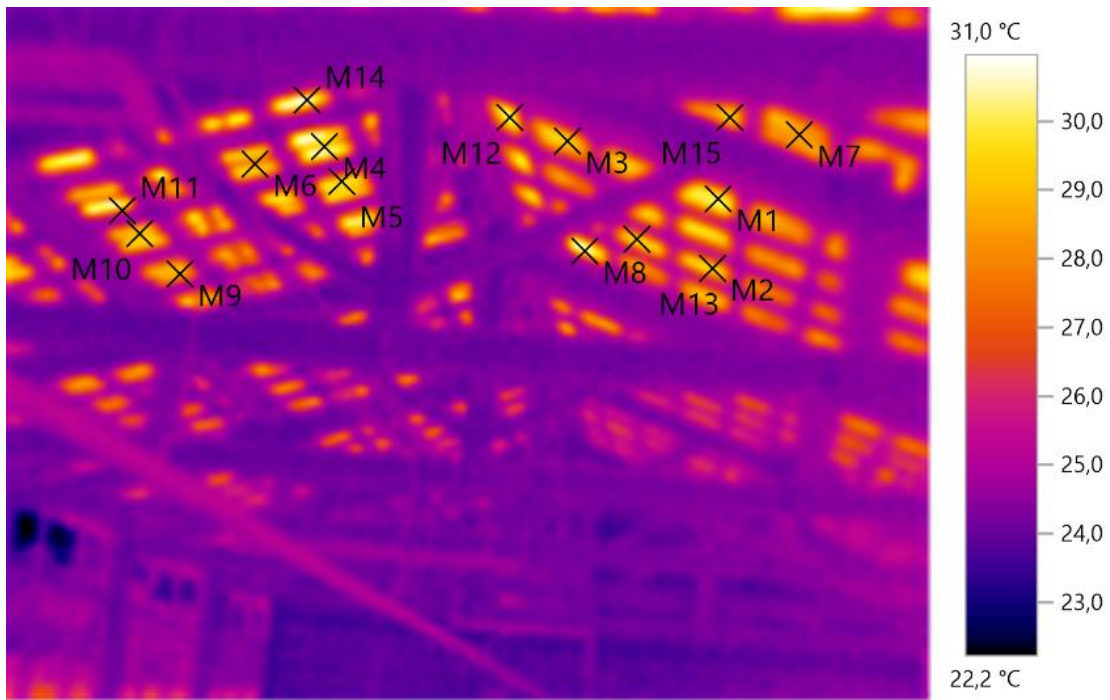
**Figura 1.** Termografia do telhado da maternidade dos suínos.



Fonte: Arquivo pessoal (2022).

O mesmo foi realizado para o alojamento do setor de cunicultura, ou seja, selecionou-se pontos correspondentes ao

telhado, registrando apenas as temperaturas das telhas (Figura 2).

**Figura 2.** Termografia do telhado da cunicultura.

Fonte: Arquivo pessoal (2022).

A câmera ficou posicionada em direção a parte interna das instalações e tomou-se o cuidado de selecionar 15 pontos aleatórios mais próximos captados pelo termovisor. Foram analisadas um total de 13 imagens, sendo 5 do período da manhã e 3 do período da tarde para o setor de cunicultura e 3 do período da manhã

e 2 do período da tarde para o de suinocultura.

A emissividade ambos os materiais foi de 0,93. A temperatura do ar e umidade relativa do ar foi aferida no momento da coleta com a utilização de um dataloggers HOBO (Onset) (Figura 3).

**Figura 3.** Datalogger HOBO (Onset).

Fonte: Arquivo pessoal (2022).

## 2.1 Análise estatística

Foi realizada análise exploratória dos dados, com gráficos desenvolvidos para cada material da telha e separando os períodos matutinos e vespertinos. Foi aplicado o teste de Student (T) com intervalo de significância (95%). Assim, foi possível determinar a eficiência térmica de cada material utilizando o programa estatístico JAMOV<sup>®</sup> (versão

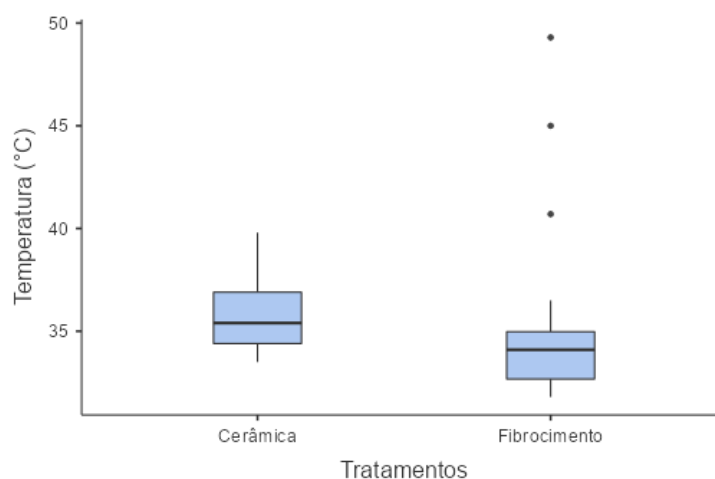
2.3.28).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Período vespertino (tarde)

Na Figura 4 apresenta-se a análise exploratória dos materiais das telhas no período da tarde.

**Figura 4.** Análise exploratória para o período da tarde.



**Fonte:** Arquivo pessoal (2022).

De acordo com Silva (2021), as telhas de cerâmica possuem um melhor desempenho para diminuir o ganho térmico e a troca de calor se comparada a telha de fibrocimento. Verificou-se semelhança ( $p$  valor: 0,149) entre as telhas de

cerâmica e fibrocimento (Tabela 1). No entanto, é importante ressaltar que no período crítico do dia (tarde) aplica-se a aspersão no telhado de fibrocimento diminuindo a incidência solar sobre telhado.

**Tabela 1.** Teste t para amostras independentes no período da tarde.

	Tratamentos	Média	Erro-padrão	P valor
Temperatura (°C)	Cerâmica	35,9a	0,278	0,149
	Fibrocimento	34,9a	0,694	

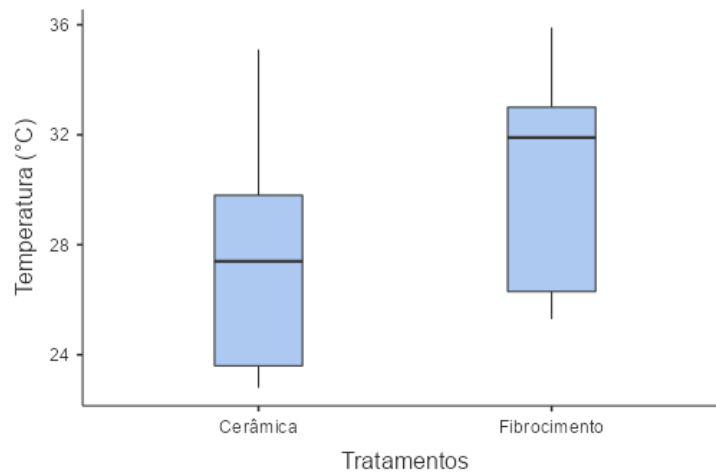
Letras diferentes entre linhas significam diferença entre as médias de acordo com o Teste T para amostras Independentes (0,05).

**Fonte:** Arquivo pessoal (2022).

Desse modo, apesar das telhas de cerâmica serem mais indicadas para instalações para animais de produção, a aspersão das telhas de fibrocimento contribuiu para diminuição da carga térmica no telhado.

### 3.2 Período matutino (manhã)

Para os resultados no período da manhã, a Figura 5 apresenta a análise exploratória dos materiais das telhas.

**Figura 5.** Análise exploratória para o período da manhã.

**Fonte:** Arquivo pessoal (2022).

Neste período é possível observar o p valor <0,001, indicando substancial diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 02). Este fato pode ocorrer devido ao horário (matutino), onde tanto a incidência solar sobre as telhas quanto a temperatura externa são mais baixas, os aspersores permanecem desligados, utilizando apenas os ventiladores e cortinas

para o controle da temperatura interna da maternidade. Tomando como base essa informação, as diferenças estatísticas entre os dois materiais se devem ao melhor desempenho das telhas de cerâmica em diminuir a ganho térmico e a transferência de calor, anteriormente observado por Silva (2021).

**Tabela 2.** Teste t para amostras independentes no período da manhã.

	Tratamentos	Média	Erro-padrão	P valor
Temperatura (°C)	Cerâmica	27,2a	0,391	<0,001
	Fibrocimento	30,4b	0,485	

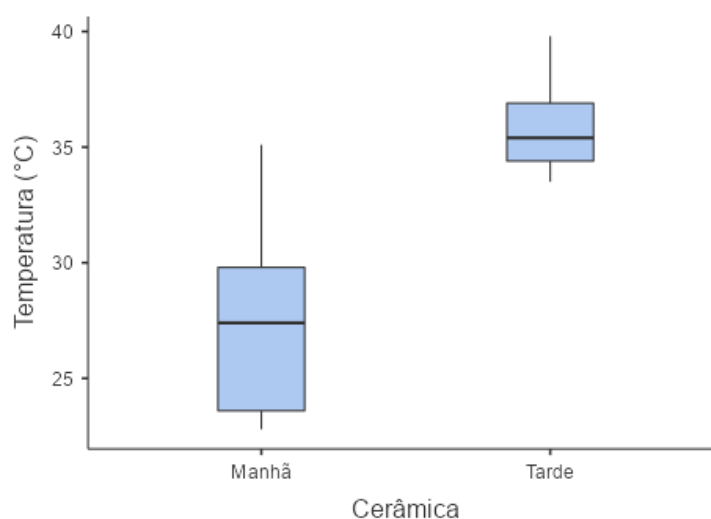
Letras diferentes entre linhas significam diferença entre as médias de acordo com o Teste T para amostras Independentes (0,05).

**Fonte:** Arquivo pessoal (2022).

### 3.3 Amplitude térmica referente a telha de cerâmica

Assim como na análise de comparação

entre os materiais, a Figura 6 ilustra a análise exploratória, no entanto entre os períodos de manhã e tarde para a telha de cerâmica.

**Figura 6.** Análise exploratória entre os períodos da manhã e tarde da telha de Cerâmica.

**Fonte:** Arquivo pessoal (2022).

Amplitude térmica refere-se à diferença entre as temperaturas máxima e mínima registradas em um determinado intervalo de tempo, geralmente ao longo de um dia. Pode ser influenciada por uma variedade de fatores, incluindo latitude, altitude, cobertura de nuvens, umidade do ar e vegetação. Por exemplo, em regiões caracterizadas por baixa umidade e escassa cobertura de nuvens, a amplitude térmica tende a ser mais pronunciada, resultando em temperaturas mais elevadas durante o dia e mais baixas durante a noite. À vista disso, compreender as variações de temperatura ao longo do dia e como isso pode impactar o conforto térmico e o

desempenho dos animais de interesse zootécnico é de suma importância (Ramos; Vianna; Marin, 2018; Allen, 1995; Santana; Cavali; Modesto, 2014).

Na análise exploratória dos dados referentes aos períodos matutinos e vespertinos da temperatura superficial interna da telha de cerâmica nota-se uma discrepância entre os horários. Este fato pode ser visualizado (Tabela 3), quando aplicado o teste T (95%) onde verifica-se um p valor <0,001 e um valor médio de temperatura superficial interna das telhas 24% maior quando comparado com o período matutino.

**Tabela 3.** Teste t para amostras independentes no período da manhã.

	Cerâmica	Média	Erro-padrão	P valor
Temperatura (°C)	Manhã	27,2a	0,391	<0,001
	Tarde	35,9b	0,278	

Letras diferentes entre linhas significam diferença entre as médias de acordo com o Teste T para amostras Independentes (0,05).

**Fonte:** Arquivo pessoal (2022).

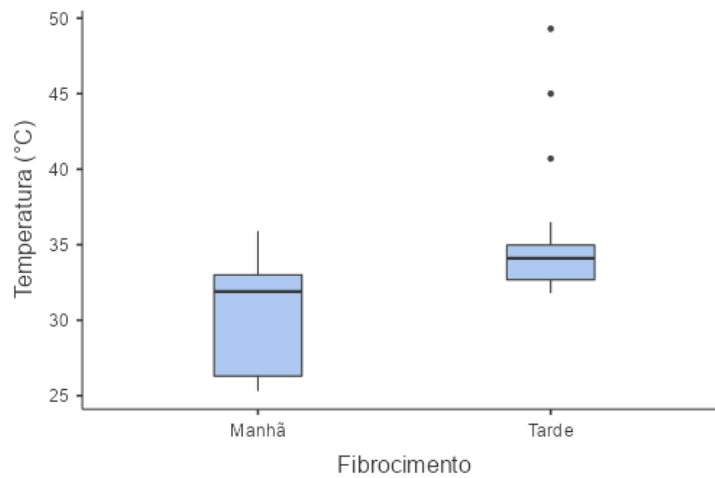
Desse modo, é possível observar uma maior carga térmica sobre as telhas de cerâmica no período da tarde.

### 3.4 Amplitude térmica referente a telha de fibrocimento

Do mesmo modo, a partir das imagens coletadas, através dos pontos registrados de temperatura aferidos pela ferramenta de análise de imagem termográfica, foi feita a análise estatística entre os períodos de manhã e tarde para a telha de fibrocimento.

Em virtude disso, a Figura 7 ilustra a análise exploratória, para os períodos de manhã e tarde para a telha de fibrocimento.

**Figura 7.** Análise exploratória entre os períodos da manhã e tarde da telha de Fibrocimento.



**Fonte:** Arquivo pessoal (2022).

Por meio das mesmas ferramentas de análise estatística utilizadas anteriormente, observou-se uma diferença significativa entre

os períodos de manhã e tarde para o mesmo material, com o p valor < que 0,001 (Tabela 4).

**Tabela 4.** Teste t para amostras independentes no período da manhã.

	Fibrocimento	Média	Erro-padrão	P valor
Temperatura (°C)	Manhã	30,4a	0,485	<0,001
	Tarde	34,9b	0,694	

Letras diferentes entre linhas significam diferença entre as médias de acordo com o Teste T para amostras Independentes (0,05).

**Fonte:** Arquivo pessoal (2022).

Ou seja, para o período vespertino houve uma maior carga térmica incidindo sobre a telha de fibrocimento. É importante ressaltar que apenas no período da tarde é utilizada a climatização realizada por aspersão nas telhas e mesmo assim tem-se um aumento de 12,89% na temperatura superficial interna das mesmas.

#### 4. CONCLUSÃO

A partir dos dados coletados, é possível concluir que as características apresentadas pelo material das telhas de cerâmica a torna mais indicada para instalações animais, visando o conforto térmico interno das instalações. Apesar disso, para as telhas de fibrocimento, que possuem um baixo desempenho para diminuir a carga térmica interna do alojamento, a aspersão do telhado contribui

significativamente para diminuição de temperatura das telhas.

#### 5. REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G. **Evaluation of procedures for estimating mean monthly solar radiation from air temperature.** Rome: FAO, 1995.

BOUZIDA, N.; BENDADA, A.; MALDAGUE, X. P. Visualization of body thermoregulation by infrared imaging. **Journal of Thermal Biology**, Oxford, v. 34, n. 3, p. 120-126, 2009.

FIORELLI, J.; FONSECA, R.; MORCELI, J. A. B.; DIAS, A. A. Influência de diferentes materiais de cobertura no conforto térmico de instalações para frangos de corte no oeste



paulista. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 5, p. 986-992, 2010.

GOMES FILHO, J. S. **Tela de sombreamento e pintura em telhados de modelos reduzidos de galpões avícolas**. 2010. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2010.

KAWABATA, C. Y. **Desempenho térmico de diferentes tipos de telhado em bezerreiros individuais**. 2003. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2003.

KNÍŽKOVÁ, I.; KUNC, P.; GÜRDİL, G. A. K.; PINAR, Y.; SELVİ, K. Ç. Applications of infrared thermography in animal production. **Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi**, Aydın, v. 22, n. 3, p. 329-336, 2007.

MONTANHOLI, Y. R.; ODONGO, N. E.; SWANSON, K. C.; SCHENKEL, F. S.; MCBRIDE, B. W.; MILLER, S. P. Application of infrared thermography as an indicator of heat and methane production and its use in the study of skin temperature in response to physiological events in dairy cattle (*Bos taurus*). **Journal of Thermal Biology**, Ontario, v. 33, n. 8, p. 468-475, 2008.

MOURA, D. J. Ambiência na avicultura de corte. In: SILVA, I. J. O. (ed.). **Ambiência na produção de aves em clima tropical**. Piracicaba: FUNEP, 2001. p. 75-149.

PANDORFI, H.; ALMEIDA, G. L. P.; GUISELINI, C. Precision animal production: Basic principles and news in the swine production. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 13, n. 2, p.

558-568, 2012.

RAMOS, J. P. A.; VIANNA, M. S.; MARIN, F. R. Estimativa da radiação solar global baseada na amplitude térmica para o Brasil. **Agrometeoros**, Piracicaba, v. 26, n. 1, p. 37-51, 2018.

SANTANA, M. C. A.; CAVALI, J.; MODESTO, V. C. Influência do clima em animais de interesse zootécnico. **Científic@-Multidisciplinary Journal**, Goianésia, v. 1, n. 1, p. 86-98, 2014.

SILVA, B. M. **Desempenho de telhas termoacústica em galpões em escala reduzida para galinhas poedeiras**. 2021. Dissertação (Mestrado em Agronegócio e Desenvolvimento) – Faculdade de Ciências e Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Tupã, 2021.

TINÔCO, I. F. F. Ambiência e instalações para avicultura industrial. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27.; ENCONTRO NACIONAL DE TÉCNICOS, PESQUISADORES E EDUCADORES DE CONSTRUÇÕES RURAIS, 3., 1998, Poços de Caldas. **Anais [...]**. Lavras: UFLA: SBEA, 1998. p. 1-86.

TINÔCO, I. F. F. Avicultura industrial: novos conceitos de materiais, concepções e técnicas construtivas disponíveis para galpões avícolas brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v. 3, n. 1, p. 1-26, 2001.

NASCIMENTO, G. R.; NÄÄS, I. A.; PEREIRA, D. F.; BARACHO, M. S. Termografia infravermelho na estimativa de conforto térmico de frangos de corte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 6, p. 658-663, 2014.