

ALAÉRCIO DE SOUSA CARDOSO

**AVALIAÇÃO DE MATERIAIS ALTERNATIVOS COMO COBERTURAS EM
INSTALAÇÕES PARA PRODUÇÃO ANIMAL VISANDO O CONFORTO TÉRMICO**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Agrícola, para obtenção
do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2010

ALAÉRCIO DE SOUSA CARDOSO

**AVALIAÇÃO DE MATERIAIS ALTERNATIVOS COMO COBERTURAS EM
INSTALAÇÕES PARA PRODUÇÃO ANIMAL VISANDO O CONFORTO TÉRMICO**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Agrícola, para obtenção
do título de “Magister Scientiae”.

APROVADA: 27 de agosto de 2010.

Prof^a. Ilda de Fátima Ferreira Tinôco
(Co-Orientadora)

Prof. Paulo José Hamakawa

Prof. José Maria Nogueira da Costa

Prof. Alfredo Petruski

Prof. Fernando da Costa Baêta
(Orientador)

Aos meus pais Jorge Cardoso e Maria dos Anjos pelos exemplos de amor, carinho e confiança; e à minha esposa Virgínia pelo companheirismo, amizade, amor e compreensão.

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa - UFV, por meio do Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade concedida.

Aos meus pais e, principalmente, à minha esposa Virgínia Arlinda da Silva Cardoso, pelo carinho e dedicação.

Aos professores da UFV, em particular à Fernando da Costa Baêta, Ilda de Fátima Ferreira Tinôco, Cecília de Fátima Souza e Paulo Roberto Cecon, pela orientação, pelos ensinamentos e pelas sugestões.

Ao funcionário Pedro Hilário Filho, da área experimental do Núcleo de Pesquisa em Ambiente e Engenharia de Sistemas Agroindustriais – Ambiaagro, Departamento de Engenharia Agrícola-DEA da Universidade Federal de Viçosa-UFV, pelo apoio e auxílio nos trabalhos de campo.

Aos colegas de curso e aos amigos Keles Regina, Cinara, Marcos e Mauro Freitas Rodrigues.

E a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

ALAÉRCIO DE SOUSA CARDOSO, filho de Jorge Cardoso e Maria dos Anjos Sousa Cardoso, nasceu em Viçosa, Minas Gerais, em 14 de abril de 1969.

Em julho de 1995, graduou em Engenharia Civil pela Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Minas Gerais.

De 1995 à 2008 trabalhou como autônomo na área de formação e em seus diversos fins correlatos.

Em março de 2008, iniciou o curso de pós-graduação em Engenharia Agrícola, na área de Construções Rurais e Ambiente, em nível de Mestrado, na Universidade Federal de Viçosa.

De abril de 2008 ao dias atuais é engenheiro civil do Serviço Municipal de Água e Esgoto de Ouro Preto.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE GRÁFICOS.....	xi
RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xiv
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 – Diagnóstico Bioclimático.....	4
2.2 – Fatores Ambientais.....	5
2.2.1 – Temperatura do ar.....	5
2.2.2 – Umidade relativa do ar	6
2.2.3 – Velocidade do ar.....	7
2.2.4 – Radiação Solar.....	7
2.3 – Metabolismo dos animais.....	7
2.4 – Processos de transmissão de energia.....	8
2.5 – Elementos ambientais e conforto térmico.....	9
2.6 – Fatores construtivos.....	10
2.6.1 – Orientação da instalação.....	11
2.6.2 – Materiais dos fechamentos.....	11
2.6.3 – Pé-direito da instalação.....	12
2.6.4 – Beiral da instalação.....	12
2.6.5 – Inclinação do telhado.....	12
2.6.6 – Lanternim.....	13
2.6.7 – Cortina.....	13

2.6.8 – Cobertura.....	14
2.6.9 – Manta subcobertura.....	15
2.7 – Teoria da similitude.....	16
2.8 – Índices térmicos.....	18
2.8.1– Correção de ITGU e CTR.....	19
2.9 – Efetividade térmica.....	20
2.10 – Propriedades térmicas dos fechamentos.....	20
2.11 – Reciclagem.....	21
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	23
3.1 – Local do experimento.....	23
3.2 – Características de instalações de produção animal e dos modelos reduzidos	23
3.3 – Instrumentação e medições.....	26
3.3.1 – Interior dos modelos.....	27
3.3.2 – Exterior dos modelos.....	28
3.3.3 – Análise dos dados.....	29
3.4 – Delineamento experimental.....	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	31
4.1 – Índice de Temperatura de globo negro e umidade (ITGU).....	31
4.1.1. Ambiente térmico ao nível das aves.....	31
4.1.2. Ambiente térmico ao nível dos bovinos.....	39
4.2 – Carga Térmica Radiante (CTR).....	47
4.2.1. Ambiente térmico ao nível das aves.....	47
4.2.2. Ambiente térmico ao nível dos bovinos.....	54
4.3 – Efetividade Térmica (Et).....	61
4.4. Custos dos telhados.....	64
5. CONCLUSÕES.....	66
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68
7. APÊNDICES.....	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores de condutividade térmica (k) para diferentes materiais de construção	21
Tabela 2 - Tempo de decomposição de diversos materiais	22
Tabela 3 – Resumo da análise de variância do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), ao nível das aves, referente aos modelos com cortinas abertas e fechadas	32
Tabela 4 - Valores médios do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) ao nível das aves, para cortinas abertas, em função dos horários, para os diversos tipos de telhas e associações, e para o ambiente externo, sendo...	33
Tabela 5 – Equações ajustadas para o índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), em função dos horários (H) de observação, para o nível das aves e no ambiente externo, com os respectivos coeficientes de determinação (R^2) referentes às instalações com cortinas abertas	34
Tabela 6 - Valores médios da temperatura de globo negro e umidade (ITGU) ao nível das aves e do ambiente externo, referentes aos modelos com cortinas fechadas, sendo...	37
Tabela 7 – Equações ajustadas para o índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), em função dos horários (H) de observação, para o nível das aves e no ambiente externo, com os respectivos coeficientes de determinação (R^2) referentes às instalações com cortinas fechadas	38
Tabela 8 – Resumo da análise de variância do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), ao nível dos bovinos, referente aos modelos com cortinas abertas e com cortinas fechadas	39
Tabela 9 - Valores médios da temperatura de globo negro e umidade (ITGU) ao nível dos bovinos e do ambiente externo, referentes aos modelos com cortinas abertas, sendo...	41
Tabela 10 –Equações ajustadas para valores da temperatura de globo negro e umidade (ITGU), em função dos horários (H) de observação, para o nível dos bovinos e no ambiente externo, com os respectivos coeficientes de determinação (R^2), referentes aos modelos com cortinas abertas	42
Tabela 11 - Valores médios da temperatura de globo negro e umidade (ITGU) ao nível dos bovinos e do ambiente externo, referentes aos modelos com cortinas fechadas, sendo...	44
Tabela 12 – Equações ajustadas para valores da temperatura de globo negro e umidade (ITGU), em função dos horários (H) de observação, para o	45

nível dos bovinos e no ambiente externo, com os respectivos coeficientes de determinação (R^2), referentes aos modelos com cortinas fechadas

Tabela 13 – Resumo da análise de variância da carga térmica radiante (CTR), ao nível das aves, referente aos modelos com as diferentes coberturas e com cortinas abertas e cortinas fechadas	48
Tabela 14 - Valores médios da carga térmica radiante (CTR) ao nível das aves e do ambiente externo, referentes aos modelos com cortinas abertas, sendo...	49
Tabela 15 – Equações ajustadas para valores da carga térmica radiante (CTR), em função dos horários (H) de observação, para o nível das aves e no ambiente externo, com os respectivos coeficientes de determinação (R^2), referentes aos modelos com cortinas abertas	50
Tabela 16 - Valores médios da carga térmica radiante (CTR) ao nível das aves e do ambiente externo, referentes aos modelos com cortinas fechadas, sendo...	52
Tabela 17 – Equações ajustadas para valores da carga térmica radiante (CTR), em função dos horários (H) de observação, para o nível das aves e no ambiente externo, com os respectivos coeficientes de determinação (R^2), referentes aos modelos com cortinas fechadas	53
Tabela 18 – Resumo da análise de variância da carga térmica radiante (CTR), ao nível dos bovinos, referente aos modelos com diferentes coberturas e com cortinas abertas e cortinas fechadas	55
Tabela 19 - Valores médios da carga térmica radiante (CTR) ao nível dos bovinos e do ambiente externo, referentes aos modelos com cortinas abertas, sendo...	56
Tabela 20 – Equações ajustadas para valores da carga térmica radiante (CTR), em função dos horários (H) de observação, para o nível dos bovinos e no ambiente externo, com os respectivos coeficientes de determinação (R^2), referentes aos modelos com cortinas abertas	57
Tabela 21 - Valores médios da carga térmica radiante (CTR) ao nível dos bovinos e do ambiente externo, referentes aos modelos com cortinas fechadas, sendo...	59
Tabela 22 – Equações ajustadas para valores da carga térmica radiante (CTR), em função dos horários (H) de observação, para o nível dos bovinos e no ambiente externo, com os respectivos coeficientes de determinação (R^2), referentes aos modelos com cortinas fechadas	60
Tabela 23 - Valores médios da Efetividade Térmica (Et), ao nível das aves, referente aos modelos com cortinas abertas, sendo...	62
Tabela 24 - Valores médios da Efetividade Térmica (Et), ao nível dos bovinos, referente aos modelos com cortinas abertas, sendo...	62
Tabela 25 – Diferenças de custos dos telhados, envolvendo material e mão-de-obra, das diversas coberturas em estudo em relação ao telhado de telhas de barro, sendo...	64
Tabela A1 – Orçamento do custo do telhado confeccionado com a telha de barro	76
Tabela A2 – Orçamento do custo do telhado confeccionado com a telha de fibra	76

vegetal com betume

Tabela A3	– Orçamento do custo do telhado confeccionado com a telha aluminizada acima e natural por baixo	77
Tabela A4	– Orçamento do custo do telhado confeccionado com a telha aluminizada acima e branco por baixo	77
Tabela A5	– Orçamento do custo do telhado confeccionado com a telha Tetra Pak	78
Tabela A6	– Orçamento do custo do telhado confeccionado com a telha de Tubo Pasta de Dente	78

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Manta isolante subcobertura	16
Figura 2 - Dimensões transversais do modelo reduzido correspondente a uma instalação para produção animal, em centímetros	24
Figura 3 - Distribuição dos modelos reduzidos das instalações de produção animal na área experimental, distâncias em metros, sendo...	25
Figura 4 – Vista dos modelos reduzidos no campo	26
Figura 5 – Vista dos modelos reduzidos no campo à noite	26
Figura 6 – Vista de um modelo reduzido com telha de barro	28
Figura 7 – Detalhe da instrumentação nos modelos reduzidos com cortina	28
Figura 8 – Vista do abrigo meteorológico e, próximo a ele, o termômetro de globo negro	29

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1** – Representação dos valores de índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), em função dos horários, correspondente a cada tipo de cobertura, ao nível das aves, e do ambiente externo, referente aos modelos com cortinas abertas 35
- Gráfico 2** – Representação dos valores de índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), em função dos horários, correspondente a cada tipo de cobertura, ao nível das aves, e do ambiente externo, referente aos modelos com cortinas fechadas 38
- Gráfico 3** – Representação dos valores do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), em função dos horários, correspondentes a cada tipo de cobertura, ao nível dos bovinos, e do ambiente externo referentes aos modelos com cortinas abertas 43
- Gráfico 4** – Representação dos valores do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), em função dos horários, correspondentes a cada tipo de cobertura, ao nível dos bovinos, e do ambiente externo, referente aos modelos com cortinas fechadas 45
- Gráfico 5** – Representação dos valores estimados do índice de carga térmica radiante (CTR), em função dos horários, para cada tipo de cobertura, ao nível das aves, e do ambiente externo, referente aos modelos com cortinas abertas 50
- Gráfico 6** – Representação dos valores estimados do índice de carga térmica radiante (CTR), em função dos horários, para cada tipo de cobertura, ao nível das aves, e do ambiente externo, referente aos modelos com cortinas fechadas 53
- Gráfico 7** – Representação dos valores estimados do índice de carga térmica radiante (CTR), em função dos horários, para cada tipo de cobertura, ao nível dos bovinos, e do ambiente externo, referente aos modelos com cortinas abertas 57
- Gráfico 8** – Representação dos valores estimados do índice de carga térmica radiante (CTR), em função dos horários, para cada tipo de cobertura, ao nível dos bovinos, e do ambiente externo, referente aos modelos com cortinas fechadas 60

RESUMO

CARDOSO, Alaércio de Sousa, M.S., Universidade Federal de Viçosa, Julho de 2010. **Avaliação de materiais alternativos como coberturas em instalações para produção animal visando o conforto térmico.** Orientador: Fernando da Costa Baêta. Conselheiros: Ilda de Fátima Ferreira Tinôco e Cecília de Fátima Souza.

O Brasil, para que continue competitivo no agronegócio, persiste o desafio da produção com tecnologias de baixo custo, em instalações com condições ambientais favoráveis. De forma geral, a cobertura por representar grande parte da envolvente, é o fator que tem grande influência sobre as condições do ambiente de galpões para a criação animal, sendo sua eficiência associada ao tipo do material constituinte das telhas, caracterizado pelo isolamento, amortecimento e retardo térmico, e associado à natureza superficial, caracterizado pela absorvidade e emissividade radiante. Com a utilização da teoria de similitude, para definição de modelos reduzidos na escala 1:12, e de índices térmicos ambientais, o objetivo deste trabalho foi avaliar as condições no interior de galpões de avicultura ou bovinocultura, confeccionados com cinco tipos de coberturas de materiais alternativos, ou seja: embalagens Tetra Pak, tubos de pastas de dentes, Onduline com fibra vegetal e betume, Reciplac aluminizada na face superior e branca na inferior e Reciplac aluminizada na face superior e neutra na inferior, em comparação com a cobertura de telhas de barro, com e sem a presença de manta isolante subcobertura, em condições de calor. Considerando o Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade, a Carga Térmica Radiante e a Efetividade Térmica propiciados pelas coberturas, ao nível das aves e dos bovinos, verificou-se no geral que ocorreu semelhança entre resultados, porém com diferenças amplificadas quando as cortinas estavam fechadas, e que, no período quente do dia, as melhores condições estiveram associados à cobertura de barro. Os piores resultados estiveram associados com as coberturas Onduline – fibra vegetal e betume - com e sem subcobertura, cobertura reciclada de Tetra Pak - sem subcobertura, cobertura Reciplac aluminizada na face superior e branca na inferior - com e sem subcobertura, e cobertura Reciplac aluminizada em cima e

neutra por baixo - com subcobertura. O uso da manta isolante subcobertura não foi capaz de promover melhoria nas condições térmicas ambientais, a não ser quando associada a coberturas de pior desempenho. Estimou-se redução nos custos iniciais do telhado em comparação ao de cobertura de barro, em 47, 7% para o com cobertura Reciplac aluminizada na face superior e branca na inferior, 45, 5% para o com cobertura Reciplac aluminizada na face superior e neutra na inferior e 41, 2% para o com cobertura de material reciclado Tetra Pak.

ABSTRACT

CARDOSO, Alaércio de Sousa, M.S., Universidade Federal de Viçosa, July of 2010.
Evaluation of alternative materials as coverings in installations for animal production aiming at the thermal comfort. Adviser: Fernando da Costa Baêta.
Committee Members: Ilda de Fátima Ferreira Tinôco and Cecília de Fátima Souza.

Brazil, to remain competitive in agribusiness, the challenge is to continue production with low cost technologies in facilities with favorable environment conditions. In general, coverage due to represent much of the building, is the factor that has great influence on the environmental conditions for livestock. The efficiency is associated with the type of tiles material they are made, characterized by isolation, damping and thermal delay and associated with the superficial nature, characterized by radiant absorptivity and emissivity. Using the theory of similarity for the definition of 1:12 scale models, and thermal environmental indices, the objective of this research was to evaluate the conditions inside poultry or cattle sheds made with five types of alternative material roofs, namely: Tetra Pak, toothpaste tubes, Onduline with vegetable fiber and bitumen, Reciplac aluminized on the top and white on the bottom, Reciplac aluminized on the top and neutral on the bottom, compared with the tiling of clay, with and without the presence of an insulating undercoverage, under hot conditions. Considering the Black Globe Temperature and Humidity Index, the Radiant Thermal Load and Thermal Effectiveness enabled by coverage, in the birds and cattle level, it was found that in general there was similarity between the results, but with differences was amplified when the curtains were closed, and that during hot days, the best conditions were associated with coverage of clay. The worst results were associated with the coverage Onduline - vegetable fiber and asphalt - with and without under-coverage, Tetra Pak coverage - no under-coverage, Reciplac aluminized on the upper side and white on the bottom - with and without undercoverage, and Reciplac aluminized above and neutral below - with undercoverage. The use of an insulating undercoverage was unable to promote improvement in environmental thermal conditions, unless associated with the tiles of worse performance. It was estimated reduction in the initial cost of the roof, in comparison to the coverage of clay, at 47, 7% for Reciplac aluminized coated on the upper side and white on bottom, 45, 5% for Reciplac aluminized on the upper face and neutral at the bottom and 41, 2% for the roof made of Tetra Pak tiles.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de frango de corte, ovos, bovinos e suínos, e vem obtendo, anualmente, constante crescimento de produção nesses setores. Apesar disso, persiste o grande desafio da produção animal brasileira em desenvolver tecnologias de baixo custo, que proporcionem aos animais condições ambientais favoráveis.

Em muitas regiões brasileiras, em épocas quentes do ano, principalmente devido à radiação solar e altos valores de temperaturas internas associados a altos valores de umidade relativa, têm-se caracterizado condições de desconforto térmico e tem sido fator limitante ao desenvolvimento e produção dos animais de alto valor genético. Além dos principais fatores ambientais relacionados ao ambiente térmico, como temperatura, umidade e velocidade do ar e carga térmica radiante, tem-se o calor resultante dos processos metabólicos dos animais que vem agravar as condições ambientais nas instalações. O calor metabólico, mais aquele recebido do ambiente, tem de ser dissipado para que os animais mantenham sua temperatura corporal dentro de limites normais, em condições de homeotermia, preferencialmente não caracterizando sensação de frio ou calor, situação em que o desempenho é otimizado.

As condições ambientais requeridas pelos animais podem ser atendidas por instalações a partir de uma boa concepção arquitetônica, planejada e construída para diminuir a ação direta dos fatores climáticos sobre os mesmos. Dentre os recursos disponíveis pode-se citar a orientação e forma da instalação, escolha dos materiais de fechamento como cobertura e paredes, pé-direito; tamanho do beiral e inclinação do telhado. De modo geral, a cobertura que por representar grande parte da envolvente, é o fator que tem grande influência sobre as condições do ambiente de galpões para a criação animal. Sua efetividade normalmente está associada: a) ao tipo do material constituinte das telhas, caracterizado pelo isolamento, amortecimento e retardo térmico; b) à natureza superficial, caracterizado pela

absortividade e emissividade radiante; e c) à presença ou não de forros ou outro material qualquer posicionado sob a cobertura.

Uma cobertura ideal continua sendo o grande desafio dos sistemas construtivos. Os telhados com cobertura de telha de barro estão entre aqueles que têm propiciado melhores condições térmicas ambientais, contudo são de custo relativamente elevado, em razão da estrutura de sustentação. Recentemente, foram lançados no mercado diversos tipos de telhas provenientes de materiais alternativos, como as de fibra vegetal e betume, as recicladas de embalagens TetraPak e de recortes de tubos de pasta de dente e as de reprocessamento de resíduos industriais.

Como a literatura ainda é escassa de informações que possam balizar a utilização destas coberturas em situação real, o presente trabalho buscou avaliar a utilização destas coberturas em instalações de produção animal, em condições de calor, empregando-se modelos reduzidos embasados na teoria de similitude. Esta teoria aparece como ferramenta importante, uma vez que seu principal objetivo é estabelecer relações que permitam previsões reais, feitas a partir de observações em protótipos em escala reduzida, e estabelecer o relacionamento existente entre as variáveis envolvidas nos fenômenos físicos.

Com base no exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o conforto térmico ambiental propiciado por cinco tipos de coberturas confeccionadas com materiais alternativos, em comparação com a cobertura de telhas de barro, com e sem a presença da manta isolante subcobertura, em condições climáticas de calor, com vistas à utilização em instalações para produção animal.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O agronegócio brasileiro tem expandido nos últimos anos, principalmente no que tange à produção e exportação de carnes e ovos. De acordo com Turra (2009), o Brasil é considerado um dos maiores produtores mundiais nesse setor, tendo, em 2008, ocorrido um crescimento da ordem de 11% na exportação de carne de frango, em comparação com o ano de 2007. Já no setor de postura houve um crescimento de 238% na exportação de ovos em 2008 em relação a 2007 (BELZER, 2009). O mesmo vem ocorrendo na suinocultura destacando-se um crescimento de abate de suínos de 7,1%, quando comparado ao primeiro trimestre do ano 2008 (IBGE, 2009). Para o ano de 2010 o crescimento nesses setores apresenta a mesma tendência, onde as carnes bovina, suína e de aves deverão apresentar um aumento de produção estimado em 37,8 %, o que corresponde a um incremento de 8, 4 milhões de toneladas. Já a exportação de ovos deve triplicar em 2010, quando comparada a 2009, ano em que as exportações renderam cerca de 40 milhões de dólares. (ROCHA, 2010).

Estudos como os de Veloso (2008) evidenciam essa expansão, ao mostrar que o Brasil aparece como o quarto país na classificação mundial de produtores e exportadores de carne suína, sendo precedido apenas pela China, União Européia e Estados Unidos.

Apesar do avanço nesses setores, persiste o grande desafio da produção animal brasileira para desenvolver tecnologias de baixo custo, que proporcionem aos animais condições ambientais favoráveis, de forma que estes possam desenvolver todo o seu potencial genético, fato esse apontado por Machado (2007), para as aves.

Esse desafio, segundo Gomes et al. (2008), pode ser enfrentado com a utilização de materiais alternativos na construção de instalações para animais, sendo uma das opções para os produtores diminuírem os custos de produção, aumentando a produtividade e contribuindo para a sustentabilidade ambiental.

2.1. Diagnóstico Bioclimático

O clima é um dos principais fatores que afetam a produção animal, sendo estratégico o seu conhecimento para o projeto de instalações. Assim, para que os animais possam expressar todo o seu potencial produtivo, torna-se necessário o estudo do ambiente térmico, que engloba os efeitos da radiação solar, temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento (FALCO, 1997; BAETA e SOUZA, 1997), sendo a combinação da temperatura com a umidade relativa o principal condicionante para conforto térmico e o funcionamento geral dos processos fisiológicos dos animais (OLIVEIRA et al., 2006).

Desse modo, a bioclimatologia, ciência que estuda as relações entre os animais e o clima, tem sido de grande importância nos estudos, por considerar o conhecimento dos elementos meteorológicos, das respostas fisiológicas e comportamentais dos animais, visando o bem-estar animal e aumento de sua produtividade (YANAGI JUNIOR, 2006).

Numerosos estudos visando a determinação dos efeitos das condições climáticas sobre os animais já foram desenvolvidos, dentre eles destacam-se os estudos relativos a aves (CURTIS, 1983; DESHAZER & BECK, 1988; SUK e WASHBURN, 1995; MEDEIROS, 2001), suínos (CURTIS, 1983; SALES et al., 2006) e bovinos (CURTIS, 1983; YOUSEF, 1985; MÜLLER, 1982), revelando que condições climáticas inadequadas à produção causam redução no desempenho produtivo e reprodutivo dos animais, principalmente em regiões tropicais e subtropicais, onde o clima é mais quente.

Segundo Bueno e Rossi (2006), as instalações implantadas no Brasil apresentam fortes influências das indústrias de criações de animais existentes em países de clima temperado (Estados Unidos e Europa). Esse fato, associado à pouca observância nas fases de planejamento e concepção arquitetônica, resulta em instalações que geram desconforto térmico aos animais (ABREU & ABREU, 2001).

Assim, construir e adequar instalações ao clima, que possibilitem temperatura, umidade relativa, velocidade do ar e radiação solar, em limites considerados ideais no interior das mesmas e consoantes às exigências dos animais, sem aumento dos custos de produção, tem sido um grande desafio (TINÔCO, 2001; ABREU & ABREU, 2006b).

Portanto, torna-se imperioso o estudo do microclima do local onde serão implantadas as instalações, com base na análise dos elementos climáticos, seja isoladamente ou em conjunto, por meio de índices térmicos ambientais, os quais permitem relacionar a adequação do microclima da instalação às necessidades térmicas dos animais, propiciando a melhora nos índices zootécnicos da produção. (ABREU & ABREU, 2006a)

A produção animal, por sua competitividade, requer construções simples, projetadas de forma que permita o condicionamento térmico natural, sendo utilizado o sistema artificial de condicionamento somente quando não se vislumbrar outra situação (TINÔCO, 2001; ABREU & ABREU, 2006a).

Em resumo, ao se planejar uma instalação, ou seja, promover o condicionamento térmico da mesma, é necessário conhecer as características do meio natural que constituem o clima local e compará-las com as condições de conforto fisiológico dos animais para os quais se projeta a instalação. Do confronto das duas situações, deve-se utilizar das mais diversas técnicas construtivas de forma a aproveitar, ao máximo, o condicionamento térmico natural, deixando o sistema artificial de condicionamento somente em último caso (ABREU & ABREU, 2006a).

2.2. Fatores ambientais

O avanço nos sistemas produtivos tanto do ponto de vista genético como no gerencial, faz com que o meio ambiente adequado seja condição indispensável para que os animais possam expressar o seu máximo produtivo, associado ao seu bem estar (BUENO, 2004).

Dentre os fatores ambientais, destaca-se aqueles relacionados ao ambiente térmico: temperatura, umidade, velocidade do ar e as trocas de calor que ocorrem dentro de uma instalação (GOMES et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2005; NÄÄS, 1989), que agindo isoladamente ou em conjunto serão fatores decisivos para o conforto térmico animal.

2.2.1. Temperatura do ar

A temperatura representa a quantidade de energia térmica existente num corpo (GOMES, 2009). Na física, a temperatura é explicada como uma grandeza

termodinâmica intensiva comum a todos os corpos que estão em equilíbrio térmico (PÉCORA & SILVA, 2005).

Segundo Oliveira (2004), a temperatura ambiente é o principal elemento climático condicionante do conforto térmico e funcionamento geral dos processos fisiológicos. Na troca de calor sensível, o fluxo de calor ocorre de um ponto de maior para outro de menor temperatura, assim, a temperatura corporal do animal e a temperatura ambiente são continuamente importantes para definir a quantidade de calor dissipada ou recebida do meio ambiente, afetando diretamente a velocidade das reações que ocorrem no organismo e influenciando a produção animal.

2.2.2. Umidade relativa do ar

A umidade relativa do ar é outro fator bioclimático que tem influência direta nas condições térmicas ambientais, sendo que, quando atinge valores muito baixos ou muito altos constitui-se em um fator negativo para a produtividade animal (PEREIRA, 2006).

De acordo com Gomes (2009), a umidade relativa do ar representa a quantidade de umidade atual em comparação com a quantidade máxima de umidade que poderia ser contida num determinado volume de ar a uma determinada temperatura. Desta maneira, na informação de uma determinada condição térmica ambiental, a informação da umidade relativa deve sempre ser acompanhada da correspondente temperatura do ar.

Segundo vários autores, como Kocaman et al. (2006), Medeiros (2001) e Baeta & Souza (1997), de modo geral, a faixa de umidade relativa que resulta em melhor desempenho animal ocorre entre 50 e 80%.

A determinação da umidade relativa do ar pode ser feita, dentre outras maneiras, por meio de psicrômetros, os quais consistem de dois termômetros idênticos dispostos paralelamente em um suporte, sendo o bulbo de um deles envolto por tecido umedecido, conhecido como termômetro de bulbo úmido, e o outro natural, denominado termômetro de bulbo seco. A diferença de temperatura entre esses dois termômetros será tanto maior quanto menor for a umidade relativa do ar (PEREIRA, 2006).

2.2.3. Velocidade do ar

A velocidade do ar é um fator importante do ambiente térmico para animais, uma vez que quando a temperatura do ar está abaixo da temperatura corporal, este acelera a dissipação de calor na forma sensível, proporcional à velocidade do ar e à diferença de temperaturas entre o corpo do animal e do próprio ar. O movimento do ar sobre os animais pode ser gerado tanto pela ventilação natural quanto pela artificial. Segundo Gomes (2009), o vento é influenciado pela altitude, pela topografia e pela rugosidade da superfície. Em regiões de topografia acidentada pode haver um desvio do vento, alterando sua direção e velocidade, podendo também canalizá-lo, aumentando assim sua velocidade.

Para Tinôco (1998), a ventilação também é fator necessário à eliminação do excesso de umidade do ambiente, permitindo a renovação do ar e a eliminação de odores no ambiente animal.

2.2.4. Radiação solar

Nas instalações de produção animal a parte mais exposta à radiação solar é o telhado, o qual absorve grande parte desta energia e a transfere para o interior das edificações, aumentando os ganhos térmicos e conseqüentemente, elevando a temperatura interna (MICHELS, 2007).

Segundo o mesmo, de modo geral, a radiação solar, de onda curta, ao incidir sobre a superfície das telhas, as aquece. Uma parcela deste calor é perdida por convecção e irradiação ao ambiente externo e a outra parcela, absorvida pelas telhas, é transmitida para o interior da instalação.

O calor resultante da radiação solar e a radiação emitida por superfícies da edificação, incidente sobre os animais, se adiciona ao calor de origem metabólica e tem que ser dissipado para o meio ambiente na forma sensível e latente.

2.3. Metabolismo dos animais

Como mencionado anteriormente, todo o calor resultante de processos metabólicos dos animais, assim como aquele recebido do meio ambiente, tem de ser

dissipado para o meio, preferencialmente na mesma taxa em que vai ocorrendo, para que os animais mantenham sua temperatura corporal dentro de limites normais.

De acordo com Baêta e Souza (1997) e Sarubbi (2005), o animal mantém constante a temperatura corporal, com mínimo esforço dos mecanismos termorregulatórios, quando se encontra em condições de conforto térmico ou termoneutralidade, situação que não caracteriza sensação de frio ou calor e o desempenho animal é otimizado.

2.4. Processos de transmissão de energia

As trocas de calor entre elementos de uma edificação, entre tecidos animais e entre a edificação e o animal, ocorre na forma sensível, por condução, convecção e radiação e, na forma latente, por evaporação.

A troca de calor por condução exige contato entre as superfícies ou substâncias cujas temperaturas sejam diferentes, ou seja, deve haver um gradiente térmico entre elas. O fluxo condutivo de calor ocorre de uma molécula quente do material a outra molécula vizinha mais fria, que transfere parte de sua energia cinética a esta e assim por diante, tendendo ao equilíbrio. Os processos de troca de calor por condução ocorre em sólidos (INCROPERA et al. 2008).

Na troca de calor por convecção, a transferência de calor ocorre a partir do contato entre o fluido e uma superfície sólida, que caso esteja aquecida, cede calor ao mesmo promovendo redução de sua densidade, que causa pequenas correntes próximo da superfície. Nesse processo, em razão da movimentação do fluido, há remoção de calor do material sólido aquecido. A maioria dos processos de troca de calor por convecção envolve o ar ou um líquido e superfície sólida (INCROPERA et al. 2008).

Na radiação, a troca de energia térmica ocorre por meio de ondas eletromagnéticas entre superfícies que se vêem e que se encontram a diferentes temperaturas. As ondas de energia térmicas são resultantes da transformação de parte da energia interna dos átomos e das moléculas de todos. Assim, sempre que um corpo recebe energia radiante, há acréscimo na sua carga interna e, por essa razão, sua temperatura aumenta, e proporcionalmente à sua temperatura, há também emissão de energia para as superfícies adjacentes. A maioria dos

processos de troca de calor por radiação envolve superfícies sólidas, mas também ocorrem trocas a partir de fluidos (gás e líquido), (INCROPERA et al. 2008).

Evaporação é uma forma de troca de calor latente, na qual o fluxo de calor é causado por gradientes de pressão de vapor, o qual indica a quantidade de vapor d'água contido em dado volume de ar. Para que ocorra a evaporação, o calor é removido do local onde ocorre a evaporação. Quando a umidade é incorporada diretamente ao ar, calor é removido do mesmo e sua temperatura é proporcionalmente reduzida. O calor latente de vaporização é o total de calor requerido para transformar certa quantidade de água em vapor, (BAETA e SOUZA, 1997).

É bom salientar que alguns animais têm grande dificuldade em dissipar calor evaporativamente e por condução, desta forma, em condições de calor, é importante evitar que os mesmos absorvam calor do meio ambiente na forma radiante. E isto ocorre proporcionalmente à quarta potência da temperatura radiante média quando a temperatura da circunvizinhança é maior que a da superfície dos animais.

Em condições de campo, em muitas regiões brasileiras, na época quente do ano, tem-se observado que em alguns tipos de cobertura, a radiação solar provoca um aumento relativamente grande da temperatura das telhas, que associado a elevados valores de umidade relativa e temperatura do ar tem sido fator limitante ao desenvolvimento e produção dos animais de alto valor genético, afetando o desempenho dos plantéis (TINÔCO, 1998; FURTADO et al. 2003a, 2003b).

2.5. Elementos ambientais e conforto térmico

Um ambiente é considerado confortável para aves adultas, segundo Tinôco (1998), quando apresenta temperaturas variando de 16 a 24 °C combinadas com umidade relativa do ar entre 50 e 70%. De acordo com a autora, temperaturas abaixo ou acima dessa faixa podem resultar em alterações metabólicas com conseqüente queda no desempenho das aves.

Experimentos conduzidos por Medeiros et al. (2005), com base em resultados de desempenho, parâmetros zootécnicos e comportamento animal, em diferentes ambientes térmicos, permitiram concluir que frangos de corte adultos estiveram em condições consideradas confortáveis quando o índice de temperatura de globo negro e umidade - ITGU esteve entre 69 e 77. Nestas condições as aves

mantiveram-se tranqüilas, alimentaram-se normalmente, apresentaram maior produtividade e melhores parâmetros zootécnicos. Já nos ambientes considerados frios (ITGU de 59 a 67), as aves apresentaram redução de 14% no ganho de peso diário e aumento de 12,1% da mortalidade, além de alterações consideráveis nos parâmetros fisiológicos. Por outro lado, em ambientes considerados quentes (ITGU de 78 a 88), não houve mortalidade, porém, houve redução de 67% no ganho de peso diário e 43% na ingestão de alimentos.

Na fase inicial de vida das aves, as recomendações são diferenciadas por idade, da seguinte maneira: entre 1 a 7 dias de idade – ITGU entre 80 a 87; entre 8 a 14 dias - 76 a 80, entre 15 a 21 - 65 a 77 (SANTOS, 2008; MENEGALI, 2009).

No caso de aves poedeiras, de acordo com Jacome et al. (2007), valores de ITGU em torno de 75 são considerados confortáveis.

No caso dos bovinos, como a zona termoneutra situa-se entre 5 e 25°C, dependendo da idade, espécie, raça, consumo alimentar, aclimatação, nível de produção e densidade do pelame, entre outros, valores de ITGU de até 74 são considerados relativos à condições de conforto, entre 75 e 78 - relativos à condições de moderado calor, caracterizando situação de alerta, de 79 a 84 - relativos a condições de calor, caracterizando perigo e, acima de 84 – extremo calor, situação de emergência (AZEVEDO et al. 2005; BAËTA e SOUZA, 1997; MATARAZZO, 2006).

Para suínos a faixa de temperatura ambiente considerada ideal varia entre 15 a 22°C (SAMPAIO et al. 2004). De acordo com Campos (2006), os requerimentos térmicos de adultos são bastante distintos dos recém nascidos e para atender as condições de conforto térmico, as maternidades devem propiciar o ITGU em torno de 72 para as matrizes e 80 para os leitões.

2.6. Fatores construtivos

Para Kawabata (2003) e Fiorelli et al. (2009), as instalações têm por objetivo fornecer conforto aos animais. Elas devem ser planejadas e construídas com a finalidade principal de diminuir a ação direta do clima, que pode agir negativamente nos animais.

Segundo Jácome et al. (2007) e Kawabata et al. (2005), as condições térmicas ambientais internas de uma instalação de produção animal, são

dependentes de vários fatores construtivos, como orientação, forma geométrica, materiais de fechamento, pé-direito, tamanho do beiral e inclinação do telhado.

2.6.1. Orientação da instalação

A orientação das construções tem influência direta na definição das condições térmicas das instalações, através da insolação máxima e mínima interna, em condições de inverno e de verão. De modo geral, recomenda-se que a orientação do maior comprimento da instalação seja no sentido leste-oeste, uma vez que as temperaturas, tanto do ambiente, quanto do solo são menores do que aquelas apresentadas na orientação norte-sul. Com a orientação recomendada, busca-se ter o interior da instalação sempre sombreado na maior parte do dia. Outro benefício percebido com a orientação leste-oeste é o favorecimento do aquecimento interno das instalações no período de inverno, em razão de uma maior área interna ensolarada, devido ao posicionamento mais baixo do sol no horizonte (MORAES, 2002; FURTADO et al. 2005).

2.6.2. Materiais dos fechamentos

Os materiais dos fechamentos variam em densidade e porosidade. Os mais porosos normalmente apresentam elevada resistência térmica, em razão da baixa condutividade térmica do ar contido em seus vazios. Dessa forma, quanto menor a densidade do material e maior o número de seus poros, menor sua condutividade térmica e conseqüentemente, maior o poder de isolamento (COSTA, 1982; RIVERO, 1986; BAÊTA e SOUZA, 1997).

Os fechamentos voltados para o leste e oeste, chamados de empenas, merecem atenção especial. Estas faces ficam extremamente quentes, devido à insolação direta no início e final do dia, respectivamente. Neste caso, o uso de materiais com alta resistência térmica ou mesmo o plantio de árvores auxiliam na redução da temperatura interna da instalação (MORAES, 2002).

2.6.3. Pé-direito da instalação

O pé-direito da instalação é um elemento importante para favorecer a ventilação e reduzir a quantidade de energia radiante vinda da cobertura sobre os animais. Estando os animais mais distantes da superfície inferior do material de cobertura, receberão menor quantidade de energia radiante, por unidade de superfície do corpo, sob condições normais radiante. Dessa forma, quanto maior o pé-direito da instalação, menor é a carga térmica recebida pelos animais.

O pé-direito da instalação pode ser estabelecido em função da largura adotada, de forma que os dois parâmetros em conjunto favoreçam a ventilação natural no interior da instalação. Em condições de clima quente e seco, o pé-direito recomendado para instalações abertas com 12,0 m de largura é de 4,2 m (TINÔCO, 1998).

2.6.4. Beiral da instalação

O beiral tem a função de sombrear e proteger da água de chuva as paredes e o ambiente próximo à instalação de produção. Sendo que, nas regiões quentes, os beirais têm como função principal evitar a penetração dos raios solares (ABREU e ABREU, 2006a). Dimensões de 2 m têm sido recomendadas para atender estes fins.

2.6.5. Inclinação do telhado

O telhado, por ser o fechamento de maior dimensão relativa, é o fator que mais contribui para as condições do ambiente interno dos galpões para a criação animal. O telhado influi no ambiente térmico através do material constituinte das telhas, da sua natureza superficial e da existência e efetividade de isolantes térmicos e forros. Os materiais e elementos construtivos exercem controle sobre o ambiente interno devido às suas propriedades térmicas e mecânicas (CONCEIÇÃO et al. 2008; DAMASCENO, 2008).

A inclinação do telhado, também é um fator que afeta o acondicionamento térmico ambiental interior da instalação, principalmente em dois aspectos: mudando o coeficiente de forma correspondente às trocas de calor por radiação entre o animal

e o telhado, e, quando da presença de lanternim, modificando a altura entre as aberturas de entrada e saída de ar, em que, quanto maior a inclinação maior será a ventilação natural devido ao termossifão (BAËTA e SOUZA, 1997). Com relação ao primeiro caso, de acordo com Curtis (1983), quanto mais próximos os animais estiverem do piso sombreado e mais distantes da superfície inferior do material de cobertura, menor será a quantidade de energia radiante recebida por unidade de superfície corporal, sob condições usuais radiante.

2.6.6. Lanternim

O lanternim tem a função de permitir a saída de ar quente das instalações, principalmente durante o período de calor. Segundo Tinoco (2001) resultados experimentais tem demonstrado que o fluxo de ar através do lanternim é diretamente proporcional a sua área de abertura, à diferença de altura entre as aberturas de entrada e saída de ar, à área das aberturas de entrada de ar e à diferença entre as temperaturas internas e externas. Para que o lanternim desempenhe sua função no condicionamento térmico natural, torna-se necessário que a área de abertura horizontal seja igual à área de abertura vertical e que possua um dispositivo para fechamento em condições de frio.

Tinoco (2001) salienta que em galpões com larguras iguais ou superiores a 8,0 metros, o uso do lanternim é imprescindível, e para que possa ter máxima eficiência deve ter abertura horizontal mínima de 10% com relação à largura do galpão, em todo o comprimento da cobertura, com uma sobreposição de telhados com afastamento vertical de metade da dimensão desta abertura ou, no mínimo, 0,40m.

2.6.7. Cortina

As cortinas são equipamentos muito utilizados para manejar o ambiente de instalações animais. Elas têm como função proteger tais instalações contra chuvas e ventos fortes, além de contribuir para o acondicionamento térmico do ambiente. Por meio de seu manejo é possível controlar a umidade, a temperatura e os gases no interior das instalações (SANTOS, 2008).

Segundo Abreu et al. (2006) a instalação de cortina nas laterais, do lado de fora dos galpões, por meio de seu manejo adequado, ajudam no controle da ventilação no interior dessas instalações. Contudo, por serem confeccionadas com fibras diversas, plástico especial trançado ou lona, não tem capacidade de isolamento térmico.

O manejo das cortinas deve possibilitar ventilação diferenciada para condição de inverno e verão, uma vez que em períodos de inverno, necessita-se de um ritmo de renovações do ar mais lento. A ventilação nesse período é necessária para introduzir ar fresco nas instalações repondo oxigênio, assim como, extraindo CO₂ e umidade (ABREU et al. 2006).

2.6.8. Cobertura

A energia solar incidente em uma cobertura pode ser refletida, absorvida ou transmitida em quantidades que dependem das propriedades físicas dos materiais que a compõem. A energia absorvida pela cobertura transforma-se em energia térmica ou calor e parte dela é transmitida à superfície oposta através da condução e transferida ao meio por processo de convecção e radiação, aumentando assim a carga térmica no interior da instalação (MORAES, 2002).

Para Baêta e Souza (1997), a cobertura ideal de instalações para animais, nas condições brasileiras, deve apresentar grande capacidade de refletir a radiação solar, grande capacidade de isolamento e retardo térmico de 12 horas, aquecendo o interior do galpão quando a temperatura deste estiver mais baixa.

Na produção animal, as coberturas de telha de barro ainda são as que têm propiciado melhores condições térmicas ambientais, contudo, devido à estrutura de sustentação que requerem, normalmente de madeira, sua utilização tem se mostrado inviável do ponto de vista econômico e ambiental. Desta forma, o desafio continua no sentido da identificação de telhados mais eficientes, em que a cobertura seja capaz de apresentar um bom desempenho térmico e que a estrutura de sustentação seja simplificada, redundando num conjunto de baixo custo.

De acordo com Savastano Jr. e Pimentel (2000), a simplificação das estruturas de sustentação pode ser alcançada com a utilização de materiais alternativos à telha de barro. No mercado brasileiro telhas confeccionadas com esses materiais já fazem

parte de programas de transferência tecnológica, especialmente no que se refere aos sistemas de cobertura de baixo custo.

As telhas provenientes de materiais alternativos se apresentam no mercado sob diversas formas, sendo as mais comuns: as telhas de fibras vegetais e betume, as recicladas de embalagens Tetra Pak, as produzidas a partir de tubos de pasta de dente e telhas produzidas por meio do reprocessamento de resíduos industriais.

As telhas de fibras vegetais e betume, com 3 mm de espessura, são fabricadas com materiais ecologicamente sustentáveis, sem amianto, são leves, impermeáveis, inquebráveis e resistentes a ventos. (ONDULINE, 2010).

As telhas feitas de embalagens Tetra Pak, com 6 mm de espessura, apresentam característica aluminizada, durabilidade e resistência, e por terem propriedade de refletir grande parte da radiação solar incidente, espera-se que possa contribuir para um ambiente interno mais confortável termicamente.

As telhas de tubos de pasta de dente, com 6 mm de espessura, são obtidas por processo de limpeza, secagem e trituração dos tubos que resulta em um material 100% reciclado, com 25% alumínio e 75% plástico e sem nenhum aditivo químico para aglutinar o material, o que representa um importante ganho ambiental (COUTINHO, 2006).

As telhas obtidas a partir do reprocessamento de resíduos industriais (alumínio, polipropileno), com 6 mm de espessura, são encontradas no mercado em dois tipos de acabamentos: aluminizada na face superior e branco na face inferior, e aluminizada na face superior e natural na inferior. São consideradas produto ecologicamente correto, leves, o que pode possibilitar economia na estrutura de sustentação do telhado, e de boa capacidade quanto à isolamento térmica e acústica; resistência mecânica e impermeabilidade (RECIPLAC, 2009).

Todas as telhas mencionadas apresentam forma e dimensões semelhantes às de fibrocimento.

2.7.9. Manta subcobertura

Outro material que vem sendo proposto é a manta isolante subcobertura (Figura 1), composta de folha de alumínio e malha protetora de resina plástica, unidas por adesivos especiais. Ao material tem sido atribuída a capacidade de reduzir até 95% do calor irradiado pelo telhado, diminuir a temperatura interna de

uma instalação em até 9°C, reduzir custos com sistemas de arrefecimento ou aquecimento do ar, aumentar a luminosidade do ambiente em até 35%, resistência à tensão, impacto e atrito, evitar goteiras, evitar a criação de fungos, ser de fácil instalação e ter preço acessível (DARÉ et al. 2005; MICHELS, 2007).



Figura 1 – Manta isolante subcobertura

Em condições de calor, preconiza-se que a face aluminizada da manta reflita o calor radiante proveniente das telhas e a estrutura central da manta funcione como isolante térmico, impedindo a passagem do calor existente entre as telhas e a manta para dentro do ambiente.

Em condições de frio, a manta deve reter o calor do ambiente interno e evitar, assim, a queda das temperaturas.

A manta subcobertura, que por ser totalmente impermeável, em condições de chuva deve impedir a passagem da água direcionando-a para a calha, tem seu uso recomendado para todos os tipos de coberturas, inclusive evitando a condensação em tetos metálicos, podendo ser instalado na fase de construção ou em coberturas já concluídas, para fins industriais, comerciais, rurais e residenciais, (DARÉ et al. 2005; MICHELS, 2007).

2.7. Teoria da similitude

No estudo das coberturas, vêm sendo utilizados modelos reduzidos de instalações para simular condições reais de instalações em escala real, de maneira que os princípios envolvidos tenham aplicações práticas (NEUBAUER, 1972).

Dentro desse contexto, a teoria de similitude que é desenvolvida pela análise dimensional, aparece como ferramenta importante, uma vez que seu principal objetivo é estabelecer relações que permitam previsões reais, feitas a partir de

observações em modelos reduzidos e, estabelecer o relacionamento existente entre as variáveis envolvidas nos fenômenos físicos.

A utilização da similitude tem sua importância devido ao elevado custo envolvido na construção de instalações agrícolas para a pesquisa de novas tecnologias, como por exemplo, galpões para criação de frangos de corte, que muitas vezes inviabilizam a execução de um experimento por falta de recursos. Neste aspecto, o uso de modelos reduzidos para determinar o desempenho térmico de uma instalação pode contribuir significativamente para a redução do custo da pesquisa, permitindo ainda testar várias outras configurações através da alteração do modelo a um custo mais reduzido que em um protótipo em escala natural.

O uso de modelos, ferramenta largamente utilizada na engenharia, requer o entendimento claro dos princípios que regem a relação entre o modelo e o protótipo. Para que o comportamento de um protótipo possa ser determinado a partir de um modelo é necessário que ambos se comportem de maneira qualitativamente similar e que uma relação quantitativa possa ser estabelecida entre eles (JENTZSCH, 2002).

A utilização de instalações reais, para o estudo do desempenho de edificações, apresenta como vantagem a possibilidade de realizar testes em condições de produção, permitindo estudar não apenas o comportamento térmico, mas também os efeitos sobre a produtividade e rentabilidade. Entretanto, o custo envolvido para a realização do experimento é elevado, por envolver a construção de um abrigo completo, além de dificultar a otimização do produto, pois qualquer alteração no projeto para melhorar o desempenho envolve um custo elevado de mão de obra, material e tempo, sendo que estas alterações podem não ter o efeito esperado.

De acordo com Jentzch (2002), o uso de modelos reduzidos de instalações para a produção animal tem como principal limitação a impossibilidade de realizar os testes em condições de produção, sendo apenas possível a simulação do calor dissipado pelos animais e da umidade adicionada ao meio. Para a avaliação do comportamento térmico do projeto, entretanto, a realização de experimentos deste tipo apresentam várias vantagens, como o baixo custo de material, mão de obra e tempo envolvido. Outro fator importante é a possibilidade de otimização do produto, uma vez que quaisquer alterações para melhorar o desempenho do projeto podem ser realizadas com maior facilidade e menor custo. Além destas vantagens, os

ensaios utilizando modelos reduzidos proporcionam ainda maior segurança na construção de protótipos para avaliação do desempenho em condições de produção.

Em trabalho conduzido por Jentzch (2002), concluiu-se que é possível prever as condições térmicas ambientais de um galpão comercial a partir de modelos reduzidos de até 12 vezes e caracterizar o ambiente térmico por meio de índices térmicos ambientais.

2.8. Índices térmicos

O ambiente térmico de uma instalação pode ser avaliado com base em índices que consideram os parâmetros ambientais de temperatura, umidade relativa, velocidade do ar e radiação (FALCO, 1997; BAETA e SOUZA, 1997).

O índice térmico ambiental mais usado tem sido aquele proposto por Buffington et al. (1981) onde se considera, em um único valor, os efeitos da temperatura de bulbo seco, da umidade do ar, da radiação e do movimento do ar, sendo denominado índice temperatura de globo e umidade (ITGU). Os autores supracitados concluíram que o ITGU é um indicador mais preciso das condições térmicas ambientais do que índice temperatura e umidade (ITU), desenvolvido anteriormente. O índice pode ser obtido por:

$$ITGU = T_{gn} + 0,36 T_{po} + 41,5 \quad (1)$$

em que: T_{gn} = temperatura de globo negro, °C; e
 T_{po} = temperatura de ponto de orvalho, °C.

Outro indicador das condições térmicas ambientais é a carga térmica radiante (CTR), que expressa a radiação total recebida por determinado animal, proveniente do ambiente ao seu redor (SAMPAIO, 2004). O indicador é dado por:

$$CTR = \sigma(TRM)^4 \quad (2)$$

em que: CTR = carga térmica radiante, $W.m^{-2}$;
 σ = constante de Stefan-Boltzmann, ($5,67 \times 10^{-8} W.m^{-2}.K^{-4}$); e
TRM = temperatura radiante média, em K, dada pela equação 3.

$$TRM = 100 [2,51 V^{1/2} (T_{gn} - T_{bs}) + (T_{gn}/100)^4]^{1/4} \quad (3)$$

em que: V = velocidade do ar, $m s^{-1}$;
 T_{gn} = temperatura de globo negro, K; e
 T_{bs} = temperatura de bulbo seco, K.

2.8.1– Correção de ITGU e CTR

Pereira et al. (1967), estudaram alternativas de substituição do globo negro padrão para a confecção do globo-termômetro. Os autores concluíram que, apesar das limitações, a bola de plástico pode ser usada na confecção do globo-termômetro e pode ser uma importante ferramenta na avaliação do ambiente térmico.

Souza et al. (2002), realizou estudos com globos-termômetros de alumínio, latão e plástico, com diferentes diâmetros, durante período de verão, e determinou fatores de correção para o ITGU e CTR de cada globo negro testado, em relação aos valores obtidos com globo negro de cobre (padrão).

Assim, tem-se a seguir, as equações de regressão para correção dos valores de ITGU e CTR, para dados obtidos em globos de plástico com 0,036 m de diâmetro.

$$\text{ITGU}_{\text{corr}} = 12,9651 + 0,80531 \text{ ITGU} \quad (4)$$

$$\text{CTR}_{\text{corr}} = 135,938 + 0,66462 \text{ CTR} \quad (5)$$

Neste estudo, os coeficientes de determinação (R^2) para a correção do ITGU e CTR foram, respectivamente, 0,9964 e 0,9889.

Estudos como os de Baccari Júnior (2001) mostram que o sombreamento pode reduzir em até 50% a carga térmica radiante sobre os animais. Já Turco (1993) registrou redução, por meio da cobertura, superior a 50 %.

Como alternativas para se reduzir a CTR no interior das instalações zootécnicas, pode-se fazer uso de diferentes materiais de cobertura (MORAES, 1999), ampliar a inclinação do telhado e pintar a cobertura (TINÔCO, 2001; KAWABATA, 2003; SARMENTO et al. 2005) e fazer uso de forros. Podem-se usar, ainda, a aspersão sobre o telhado (MORAES, 1999, SANTOS et al. 2005; MACHADO, 2007) e o resfriamento adiabático evaporativo (TINÔCO, 2004; MATARAZZO et al. 2006), dentre outras possibilidades.

2.9. Efetividade térmica

Com o objetivo de comparar diversos materiais de cobertura, utilizando modelos reduzidos, abertos, orientação leste-oeste e cobertura horizontal, em condições de verão, Bond et al. (1967) propuseram a metodologia, representada pela relação entre $CTR_{ao\ sol} - CTR_{telha\ testada}$ e $CTR_{ao\ sol} - CTR_{telha\ de\ alumínio}$, para se obter a efetividade de cada material em relação ao alumínio, considerado em seu trabalho como padrão.

Neste contexto, a efetividade térmica em relação à cobertura de barro, pode ser expressa da seguinte forma:

$$E_T = (CTR_{ao\ sol} - CTR_{telha\ testada}) / (CTR_{ao\ sol} - CTR_{telha\ de\ barro}) \quad (6)$$

2.10. Propriedades térmicas dos fechamentos

A temperatura superficial do fechamento é um dado importante para a análise da quantidade de calor que atravessa o mesmo e para quantificar a energia radiante emitida, principalmente ao espaço interior da instalação, influenciando nas condições térmicas ambientais do usuário. A determinação dela pode ser feita indiretamente, com base nos dados conjuntos que envolvem o fechamento (RIVERO, 1986), ou medida diretamente empregando-se sensores em contato com a superfície ou ainda utilizando-se de termômetros apropriados para leituras à distância.

O fluxo de calor através dos fechamentos ocorre em regime periódico, variável no tempo, tanto no verão quanto no inverno.

No interior de uma instalação, normalmente busca-se uma temperatura uniforme, seja através do condicionamento natural ou por meio de equipamentos de ar condicionado ou de calefação (RIVERO, 1986). Para isso, é importante o conhecimento das propriedades térmicas dos fechamentos, como:

a) a resistência térmica, que é a propriedade que se opõe ao fluxo de calor e depende da condutividade térmica do material, dada por $R = L/k$;

b) retardo térmico, que é o tempo que leva uma diferença térmica ocorrida num dos meios para manifestar-se na superfície oposta do fechamento, e depende dos parâmetros de condutividade térmica (k), calor específico (c), densidade absoluta (d) e espessura (L);

c) amortecimento, que é a capacidade de diminuir a amplitude das variações térmicas entre as superfícies consideradas de um determinado fechamento, e esta ligada a capacidade térmica do fechamento e a resistência térmica. A capacidade térmica do fechamento, que é dada por $C = c.d.L$, representa a quantidade de calor requerida para elevar em uma unidade a temperatura de um fechamento de área igual á unidade e de uma espessura determinada, ou seja, esta propriedade determina que importantes quantidades de calor se acumulem no fechamento provocando assim o aumento de sua temperatura para posteriormente dissipar para o lado oposto do fechamento, o que também freia a velocidade de deslocamento do fluxo de calor. Devido ao amortecimento, dentro das instalações, a temperatura interior não atinge nem os máximos nem os mínimos exteriores, fato explicável pela capacidade de amortecimento dos elementos de construção do volume, (RIVERO, 1986).

A tabela a seguir apresenta valores de condutividade térmica (k) para diferentes materiais de construção.

Tabela 1 - Valores de condutividade térmica (k) para diferentes materiais de construção

Material	Condutividade (k) (W/m.°C)
Alumínio	230
Aço	47
Concreto	1,74
Tijolo maciço	0,81
Fibrocimento	0,76
Água	0,64
Palha	0,12
Lã de Vidro	0,036
Poliestireno expandido	0,035
Espuma de poliuretano	0,023
Ar	0,023
Papelão	0,104
Papel	0,049
Telha cerâmica	1,05
Madeira	0,19
Asfalto	0,70

Fonte: Rivero, 1986; Tinôco, 2001; Incropera et al 2008

2.11. Reciclagem

A reciclagem é umas das alternativas para o tratamento do lixo urbano e contribui diretamente para a conservação do meio ambiente. Ela trata o lixo como

matéria-prima que é reaproveitada para fazer novos produtos, ocasionando benefícios para todos, como a diminuição da quantidade de lixo enviada para aterros sanitários, a diminuição da extração de recursos naturais, a melhoria da limpeza da cidade e o aumento da conscientização dos cidadãos a respeito do destino do lixo, (DAMASCENO, 2008; PONTES e CARDOSO, 2006).

O lixo apresenta, não apenas riscos para o meio ambiente, mas também para o homem e os animais, uma vez que, em muitos casos, este se constitui de materiais tóxicos que prejudicam a saúde dos mesmos, além de permanecerem por longos e intactos períodos, até sofrerem a decomposição pela natureza (PONTES e CARDOSO, 2006). A Tabela 2 ilustra o tempo de decomposição de alguns materiais, demonstrando o tempo para que esses resíduos deixem de oferecer riscos à saúde humana e animal.

Tabela 2 - Tempo de decomposição de diversos materiais

Material	Tempo de degradação
Aço	mais de 100 anos
Alumínio	500 anos
Cerâmica	indeterminado
Chiclete	5 anos
Cordas de nylon	30 anos
Embalagens longa vida	até 100 anos
Embalagens PET	mais de 100 anos
Esponjas	indeterminado
Filtros de cigarros	5 anos
Isopor	indeterminado
Louças	indeterminado
Luvas de borracha	indeterminado
Metais (componentes de equipamentos)	Cerca de 450 anos
Papel e papelão	Cerca de 6 meses
Plásticos (embalagens, equipamentos)	até 450 anos
Pneus	indeterminado
Sacos e sacolas plásticas	mais de 100 anos
Vidros	indeterminado

Fonte: www.lixo.com.br (2010)

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local do experimento

A pesquisa foi realizada na área experimental do Núcleo de Pesquisa em Ambiência e Engenharia de Sistemas Agroindustriais – Ambiagro, DEA, UFV. O local tem latitude 20° 45' 45" S, longitude 42° 52' 04" W e altitude de 651 metros. A classificação do clima, segundo Köppen (1928), é Cwa (clima temperado úmido com inverno seco e verão quente).

3.2. Características das instalações de produção animal e dos modelos reduzidos

As instalações comerciais para produção animal, consideradas neste experimento são típicas para avicultura e bovinocultura e possuem as seguintes características: 120 m de comprimento, 12 m de largura, 3 m de pé-direito, 5 m entre pilares ou tesouras, 2 m de beiral, 0,40 m de altura de mureta lateral, 15° de inclinação do telhado para telhas alternativas e 30° para as telhas de barro, orientação longitudinal leste-oeste, e fechamentos laterais, voltados para o leste e oeste, em alvenaria.

Os modelos reduzidos, em escala 1:12, representaram uma seção da instalação real com três módulos de 5 m, distância entre tesouras, de forma que as medições foram feitas no modulo central e os laterais funcionaram como bordadura experimental. Os comprimentos longitudinais dos modelos reduzidos foram de 1,25 m.

Para atender as condições de vento nas edificações, externamente, a borda superior das muretas laterais do modelo reduzido ficou a uma altura de 0,40 m em relação ao nível do solo, enquanto que internamente a mureta teve sua dimensão reduzida conforme escala e, com isso, o piso interno do modelo foi elevado. Desta

forma, a velocidade do ar externo na borda da mureta foi considerada a mesma para a instalação de produção animal e o modelo reduzido, minimizando a interferência da cobertura vegetal do entorno, que foi mantida com altura de 5 cm.

Na Figura 2 estão representadas as dimensões dos protótipos de acordo com Jentsch (2002).

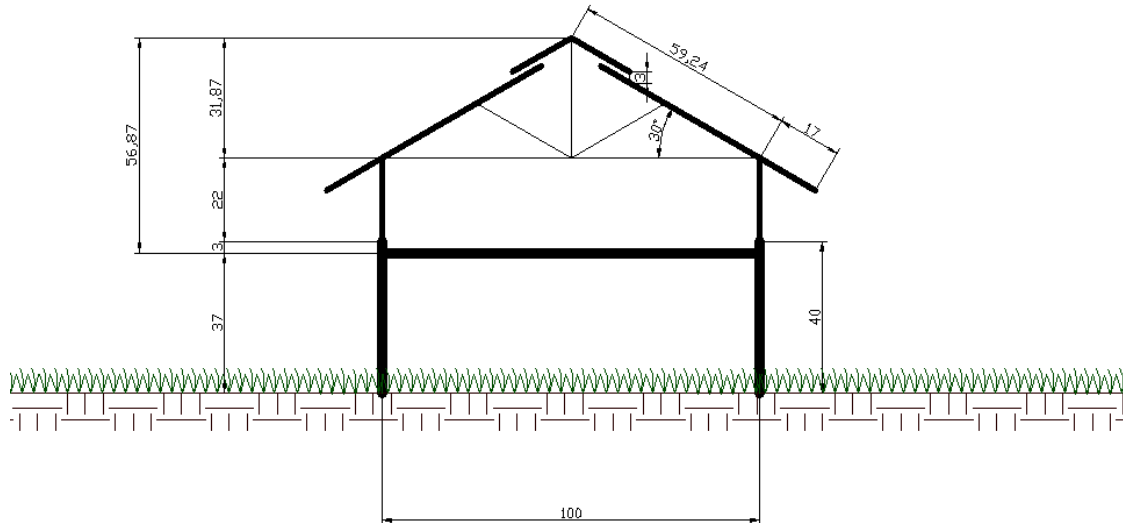


Figura 2 - Dimensões transversais do modelo reduzido correspondente a uma instalação para produção animal, em centímetros

Na construção dos modelos reduzidos foram utilizadas chapas de compensado com espessura de 10 mm e estrutura de sustentação da cobertura com caibros de madeira maciça.

As coberturas consideradas neste experimento foram: a) de barro ou cerâmica (testemunha); b) de resíduo Tetra Pak; c) de resíduo de tubos de pasta de dente; d) de fibra vegetal e betume; e) de Reciplac aluminizada e branca; e f) de Reciplac aluminizada e natural.

Os beirais foram feitos com as próprias telhas e os modelos foram pintados com tinta acrílica na cor branca.

Os modelos reduzidos foram posicionados no campo a uma distância de cinco metros um do outro, conforme Figura 3. Esta disposição foi adotada de maneira a permitir que a radiação solar incidesse de forma homogênea sobre os modelos, sem sobreamento mútuo ou da vegetação do entorno da área experimental.

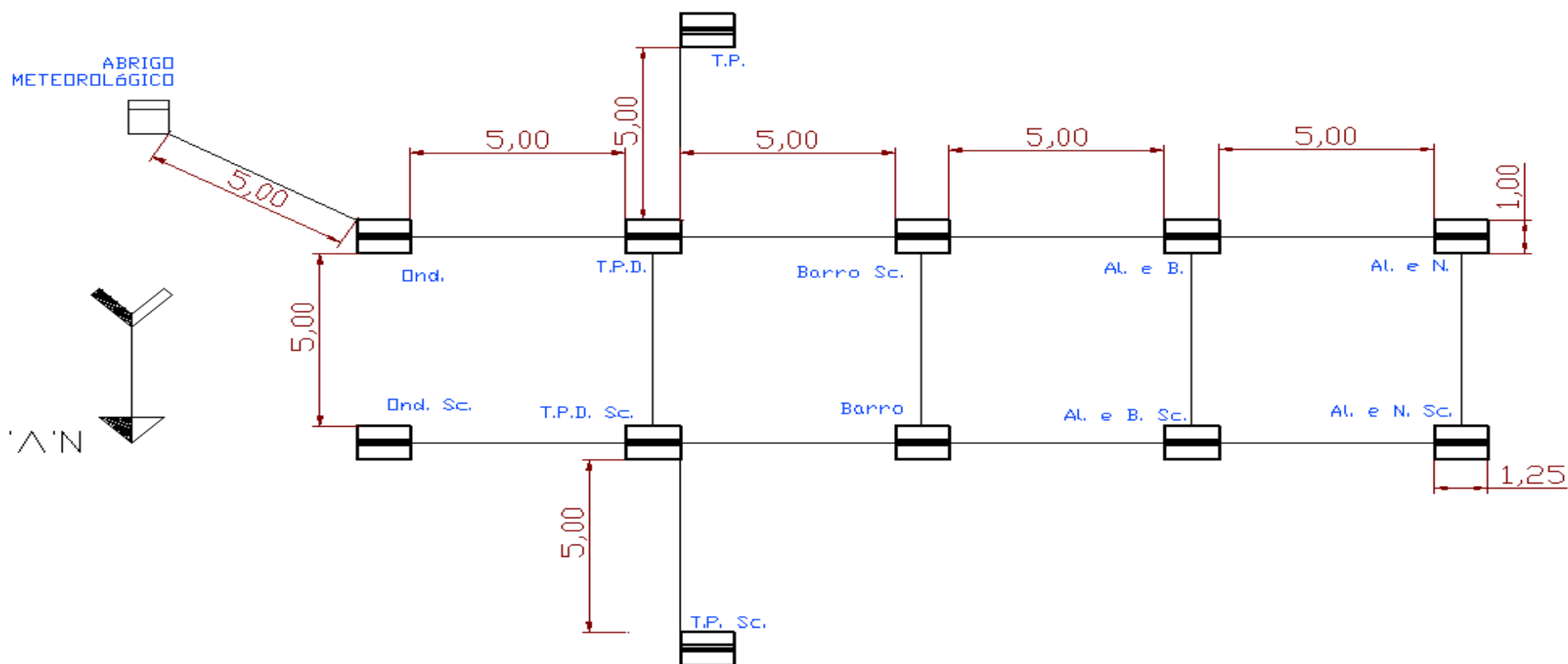


Figura 3 – Distribuição dos modelos reduzidos das instalações de produção animal na área experimental, distâncias em metros, sendo: Barro – telhas de barro; Ond. – telhas de fibra vegetal e betume - onduline®; T.P. – telhas Tetra Pak; T.P.D. – telhas de tubo pasta de dente; Al. e B. – telhas Reciplac aluminizada na face superior e branca na inferior; Al. e N. – telhas Reciplac aluminizada na face superior e neutra na inferior; Barro Sc. – telhas de barro, com subcobertura; Ond. Sc. – telhas de fibra vegetal e betume, com subcobertura; T.P. Sc. – telhas Tetra Pak, com subcobertura; T.P.D. Sc. – telhas de tubos de pasta de dente, com subcobertura; Al. e B. Sc. – telhas Reciplac aluminizada em cima e branca por baixo, com subcobertura; e Al. e N. SC. – telhas Reciplac aluminizada em cima e neutra por baixo, com subcobertura.



Figura 4 – Vista dos modelos reduzidos no campo



Figura 5 – Vista dos modelos reduzidos no campo à noite

3.3. Instrumentação e medições

Tanto os ambientes interiores dos modelos como o ambiente exterior foram instrumentalizados, de forma a permitir a mensuração das variáveis consideradas para este experimento, durante 10 dias, sendo sete dias sem cortinas ou cortinas abertas e três dias (para efeito de comparação) com cortinas fechadas. Com isso, objetivando observar o comportamento das coberturas nas instalações em

condições de cortinas fechadas para efeito de comparação com as condições de cortinas abertas.

As medições foram obtidas no período de 02 janeiro a 16 de fevereiro de 2010 durante 10 dias não consecutivos. Os dados foram coletados aos fins de semanas, aos sábados e domingos, ou seja, de 5 em 5 dias de duas em duas horas, nos horários de 0 a 24 horas.

Em nenhum dos dias de coletas houve chuvas, apenas entre esses dias e o céu permaneceu durante as coletas de modo predominante, ensolarado e parcialmente nublado.

3.3.1. Interior dos modelos

Para caracterizar o ambiente térmico interno dos modelos registrou-se a temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido e temperatura de globo negro. Para tanto, no módulo central de cada modelo, foram instalados um higrômetro, cujos sensores de mercúrio em vidro tinham resolução de 1°C, dois termômetros de globo negro com diâmetros de 3,6 cm, com sensores de mercúrio em vidro com resolução de 1°C, posicionados a 3,0 cm e a 6,7 cm da altura do piso, alturas correspondentes aos centros geométricos das aves e dos bovinos, de maneira que o centro geométrico dos globos coincidissem com o centro geométrico dos animais em avaliação.

A medição da velocidade do ar foi realizada nas proximidades dos sensores de globo negro, utilizando-se anemômetro de fio quente com resolução de 0,01 m/s.



Figura 6 – Vista de um modelo reduzido com telha de barro



Figura 7 – Detalhe da instrumentação nos modelos reduzidos com cortina

3.3.2. Exterior dos modelos

Os dados climáticos externos de temperatura de bulbo seco e temperatura de bulbo úmido foram medidos no interior de um abrigo meteorológico, posicionado próximo às unidades experimentais, utilizando-se higrômetro com sensor de mercúrio em vidro, com resolução de 1°C.

A temperatura de globo negro externa foi medida em um instrumento instalado próximo ao abrigo meteorológico, constituído de um globo de cobre com 15 cm de diâmetro, pintado de negro, contendo em seu interior um sensor de mercúrio em vidro, com resolução de 1 °C.

A medição da velocidade do ar foi realizada nas proximidades do globo negro por meio de um termo-anemômetro digital com resolução de 0,01 m/s.



Figura 8 – Vista do abrigo meteorológico e, próximo a ele, o termômetro de globo negro

3.3.3. Análise dos dados

Com base nos dados de temperatura de globo negro (T_{gn}), temperatura de bulbo úmido (T_{bu}), temperatura de bulbo seco (T_{bs}) e velocidade do ar (V) foram determinados o índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), equação 1, e a carga térmica radiante (CTR), equação 2.

Com os valores de CTR obtidos, determinou-se a efetividade térmica (E_T) de cada tipo de telha (com e sem a manta isolante subcobertura) em relação à telha de barro (padrão), empregando-se a equação 6.

Por fim, a partir dos valores médios de ITGU e efetividade térmica (E_T) de cada tipo de cobertura, concluiu-se sobre o desempenho das mesmas em relação ao conforto térmico animal das instalações para produção animal.

3.4. Delineamento experimental

O experimento foi montado segundo esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas os tratamentos (modelos reduzidos das instalações) e nas subparcelas os horários (de 0 a 24), no delineamento em blocos, com dez repetições (dias), sendo 7 dias sem cortina e 3 dias com cortina.

Os dados foram interpretados por meio de análise de variância e de regressão. As médias do fator qualitativo foram comparadas pelo teste de Tukey e Dunnett ao nível de 5% de probabilidade. Para o fator quantitativo foi utilizada a técnica de regressão, empregando-se o teste 't' de Student ao nível de 5% de probabilidade, no coeficiente de determinação (R^2) e no fenômeno em estudo.

Em todas as análises de variância, independentemente da interação ser ou não significativa, foi feito o desdobramento das mesmas devido ao interesse em estudo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Feitas as medições e o processamento dos dados, as condições térmicas ambientais do interior e do exterior das instalações, foram caracterizadas com base no índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e na carga térmica radiante (CTR).

Os dados foram obtidos em modelos reduzidos, em escala 1:12, representativos de instalações para animais, durante 7 dias com cortinas abertas e 3 dias com a cortinas fechadas, em duas alturas, sendo uma correspondente ao nível das aves e outra ao dos bovinos, nos horários de 0 a 24 horas, sendo coletados de duas em duas horas. Os modelos possuíam coberturas distintas, com 5 tipos de telhas de material alternativo e presença ou não de manta subcobertura, em comparação com cobertura de telhas de barro.

4.1. Índice de Temperatura de globo negro e umidade (ITGU)

4.1.1. Ambiente térmico ao nível das aves

Os valores médios de ITGU, em função dos horários de observação, em cada modelo reduzido, são apresentados nas tabelas e gráficos subseqüentes.

Na Tabela 3, tem-se o resumo da análise de variância do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) referente ao nível das aves, com cortina abertas e fechadas.

Tabela 3 – Resumo da análise de variância do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), ao nível das aves, referente aos modelos com cortinas abertas e fechadas

Fontes de Variação	GL	Q.M.	GL	Q.M.
		ITGU – cortina aberta		ITGU – cortina fechada
Total	1091		467	
Total de Redução	227	98,20373*	179	105,0904*
Dias (blocos)	6	90,25105*	2	22,00654*
Telhas (TE)	5	4,880073*	5	8,46824*
Sistema (S)	1	5,544643*	1	1,09544 ^{ns}
S*TE	5	5,063522*	5	5,43580*
**ERRO (A)	66	0,272748	22	0,34748
Horário (H)	12	1.790,590*	12	1.538,908*
H*TE	60	2,390628*	60	2,29997*
H*S	12	2,344500**	12	4,89356*
H*S*TE	60	0,313721 ^{ns}	60	0,42142 ^{ns}
Resíduo	864	1,275709	288	0,91594
C.V. (%)		1,5784		1,3018

* Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste “F”;

** Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste “F”;

^{ns} Não significativo, pelo teste “F”.

Na Tabela 4 estão contidos os valores médios do índice de temperatura de globo negro e umidade ao nível das aves, para cortinas abertas, em função dos horários, para os diversos tipos de telhas e associações, e para o ambiente externo.

Observa-se, na Tabela 4, que na maioria dos horários estudados não houve diferença significativa entre os ambientes térmicos, representados pelos ITGUs, propiciados pelos diferentes tipos de cobertura em relação às telhas de barro. Especialmente nos horários mais quentes do dia, ou seja entre 12:00 e 16:00 horas, com base no teste Dunnett, os valores de ITGU, correspondentes aos diversos tipos de cobertura, foram estatisticamente iguais aos correspondentes à cobertura padrão para a maioria dos casos. Foi exceção, com valores de ITGU sempre acima em relação ao padrão, os ambientes térmicos internos propiciados pelas coberturas Ond. – fibra vegetal e betume e T.P. – Tetra Pak, às 12:00 horas, Al. e B. – Reciplac aluminizada na face superior e branca na inferior, às 14:00 horas, e Ond. Sc. – fibra vegetal e betume com subcobertura, às 16:00 e 18:00 horas.

Tabela 4 - Valores médios do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) ao nível das aves, para cortinas abertas, em função dos horários, para os diversos tipos de telhas e associações, e para o ambiente externo, sendo: Barro – telhas de barro; Ond. – fibra vegetal e betume; T.P. – Tetra Pak; T.P.D. – tubo pasta de dente; Al. e B. – Reciplac aluminizada na face superior e branca na inferior; Al. e N. – Reciplac aluminizada na face superior e neutra na inferior; Barro Sc. – telhas de barro com subcobertura; Ond. Sc. – fibra vegetal e betume com subcobertura; T.P. Sc. – Tetra Pak com subcobertura; T.P.D. Sc. – tubos de pasta de dente com subcobertura; Al. e B. Sc. – Reciplac aluminizada em cima e branca por baixo com subcobertura; e Al. e N. Sc. – Reciplac aluminizada em cima e neutra por baixo, com subcobertura

Horas	A. Ext.	Barro	Ond.	T. P. D.	T.P.	Al. e B.	Al. e N.	Barro Sc.	Ond. Sc.	T. P. D. Sc.	T.P. Sc.	Al. e B. Sc.	Al. e N. Sc.
Sistema 1 – Sem manta								Sistema 2 – Com manta					
0	66,8	67,3 a A	66,9 a A	67,1 a A	67,2 a A	67,2 a A	66,9 a A	67,3 a A	68,1 a A	67,7 a A	67,6 a A	67,4 a A	67,2 a A
2	65,7	66,3 a A	66,0 a A	66,2 a A	66,2 a A	66,3 a A	66,1 a A	66,2 a A	67,0 a A	66,6 a A	66,6 a A	66,5 a A	66,3 a A
4	64,6	65,6 a A	65,2 a A	65,4 a A	65,4 a A	65,5 a A	65,3 a A	65,6 a A	66,3 a A	65,9 a A	65,8 a A	65,8 a A	65,8 a A
6	66,6	68,4 a A	67,1 a A	67,9 a A	68,3 a A	69,6 a A	69,5 a A	68,8 a A	67,4 a A	68,0 a A	68,7 a A	69,4 a A	70,0 b A
8	79,8	72,0 a A	72,0 a A	72,5 a A	72,7 a A	72,9 a A	72,5 a A	72,1 a A	72,8 a A	72,5 a A	72,5 a A	72,3 a A	72,8 a A
10	82,7	75,2 a A	75,4 a A	75,3 a A	76,2 a A	75,9 a A	75,1 a A	75,1 a A	75,3 a A	75,4 a A	75,6 a A	75,3 a A	75,4 a A
12	86,8	76,6 a A	78,4 b A	77,6 a A	78,2 b A	78,0 a A	77,4 a A	76,3 a A	77,4 a A	77,0 a A	77,4 a A	76,9 a A	77,2 a A
14	90,2	77,3 a A	78,5 a A	78,2 a A	78,4 a A	79,2 b A	78,3 a A	77,3 a A	78,5 a A	77,7 a A	77,7 a A	78,0 a B	78,4 a A
16	89,8	77,1 a A	77,9 a A	77,7 a A	78,1 a A	78,2 a A	76,9 a A	77,0 a A	79,0 b A	77,7 a A	78,1 a A	77,3 a A	77,1 a A
18	82,5	74,5 a A	75,1 a A	74,9 a A	75,0 a A	74,7 a A	73,4 a A	74,2 a A	76,3 b B	75,3 a A	74,8 a A	74,1 a A	73,8 a A
20	69,9	70,3 a A	69,8 a A	70,1 a A	70,2 a A	70,2 a A	69,8 a A	70,3 a A	70,7 a A	70,5 a A	70,4 a A	70,2 a A	70,3 a A
22	67,9	68,6 a A	68,2 a A	68,4 a A	68,5 a A	68,5 a A	68,2 a A	68,5 a A	69,0 a A	68,7 a A	68,7 a A	68,7 a A	68,6 a A
24	66,8	67,3 a A	66,9 a A	67,1 a A	67,2 a A	67,2 a A	66,9 a A	67,3 a A	68,1 a A	67,7 a A	67,6 a A	67,4 a A	67,2 a A

Comparação com a telha padrão - As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

Comparação do efeito subcobertura - As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Já os valores de ITGU, quando se compara o ambiente térmico propiciado pelas coberturas, com e sem a manta subcobertura, foram em geral estatisticamente iguais pelo teste Tukey, com exceção do ambiente propiciado pela cobertura Ond. Sc. – fibra vegetal e betume com subcobertura, às 18:00 horas, com relativamente maior valor e Al.e B. Sc - Reciplac aluminizada em cima e branca por baixo com subcobertura, às 14:00 horas, com relativamente menor valor; demonstrando-se que, em geral, a manta subcobertura não contribuiu para o amortecimento de ITGU e melhoria do conforto térmico interior das instalações em condições de verão.

Ainda, com relação à Tabela 4, pode-se verificar que, considerando que as condições térmicas ambientais caracterizadas por ITGU entre 69 a 77 são confortáveis para aves adultas (MEDEIROS et al., 2005), estas condições se configuraram no interior das instalações com cortinas abertas em cerca de 39% do tempo quando não havia manta isolante subcobertura e de 40% quando havia a presença da referida manta. No restante do tempo os índices caracterizaram frio ou calor.

Adicionalmente, com base nos valores médios do ITGU, foram ajustadas as equações de regressão, em função dos horários, correspondentes às condições térmicas ambientais internas nas diferentes instalações, para o nível das aves e com cortinas abertas (Tabela 5).

Tabela 5 – Equações ajustadas para o índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), em função dos horários (H) de observação, para o nível das aves e no ambiente externo, com os respectivos coeficientes de determinação (R^2) referentes às instalações com cortinas abertas

Cobertura	Equações										R^2
A. Ext.	$\hat{Y} = 68,7088$	-6,0936*	H	+1,6089*	H^2	-0,1039*	H^3	+0,0020*	H^4		0,91
Barro	$\hat{Y} = 67,8688$	-2,5366*	H	+0,6798*	H^2	-0,0436*	H^3	+0,0008*	H^4		0,98
Ond.	$\hat{Y} = 67,7558$	-3,1877*	H	+0,8272*	H^2	-0,0528*	H^3	+0,0010*	H^4		0,96
T.P.D.	$\hat{Y} = 67,7706$	-2,7971*	H	+0,7472*	H^2	-0,0479*	H^3	+0,0009*	H^4		0,97
T.P.	$\hat{Y} = 67,8066$	-2,9169*	H	+0,7898*	H^2	-0,0512*	H^3	+0,0010*	H^4		0,97
Al. e B.	$\hat{Y} = 67,7781$	-2,6806*	H	+0,7530*	H^2	-0,0493*	H^3	+0,0009*	H^4		0,97
Al. e N	$\hat{Y} = 67,4283$	-2,5108*	H	+0,7172*	H^2	-0,0475*	H^3	+0,0009*	H^4		0,97
Barro Sc.	$\hat{Y} = 67,7411$	-2,4148*	H	+0,6610*	H^2	-0,0427*	H^3	+0,0008*	H^4		0,98
Ond. Sc.	$\hat{Y} = 68,8825$	-3,0304*	H	+0,7532*	H^2	-0,0468*	H^3	+0,0009*	H^4		0,94
T.P.D. Sc.	$\hat{Y} = 68,3154$	-2,7024*	H	+0,7060*	H^2	-0,0449*	H^3	+0,0008*	H^4		0,97
T.P. Sc.	$\hat{Y} = 68,2078$	-2,6815*	H	+0,7167*	H^2	-0,0460*	H^3	+0,0009*	H^4		0,97
Al. e B. Sc.	$\hat{Y} = 67,9225$	-2,4085*	H	+0,6716*	H^2	-0,0438*	H^3	+0,0008*	H^4		0,97
Al. e N. Sc.	$\hat{Y} = 67,6666$	-2,2775*	H	+0,6672*	H^2	-0,0442*	H^3	+0,0008*	H^4		0,98

* Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste "t".

O Gráfico 1 mostra a representação dos resultados estimados do índice de temperatura de globo negro e umidade, em função dos horários, para as instalações com diversas coberturas e associações, e do ambiente externo, de acordo com as equações de regressão.

Como pode-se observar no referido gráfico, ocorreu semelhança de resultados ao longo do dia, entre todos os ambientes internos. Contudo, fica evidente a importância das instalações em suavizar o rigor climático exterior, tanto para condições de frio, à noite, como de calor, próximo e logo após ao meio dia.

As linhas traçadas no gráfico, correspondentes aos índices 69 e 77, delimitam, para cada caso, os períodos considerados de conforto para as aves.

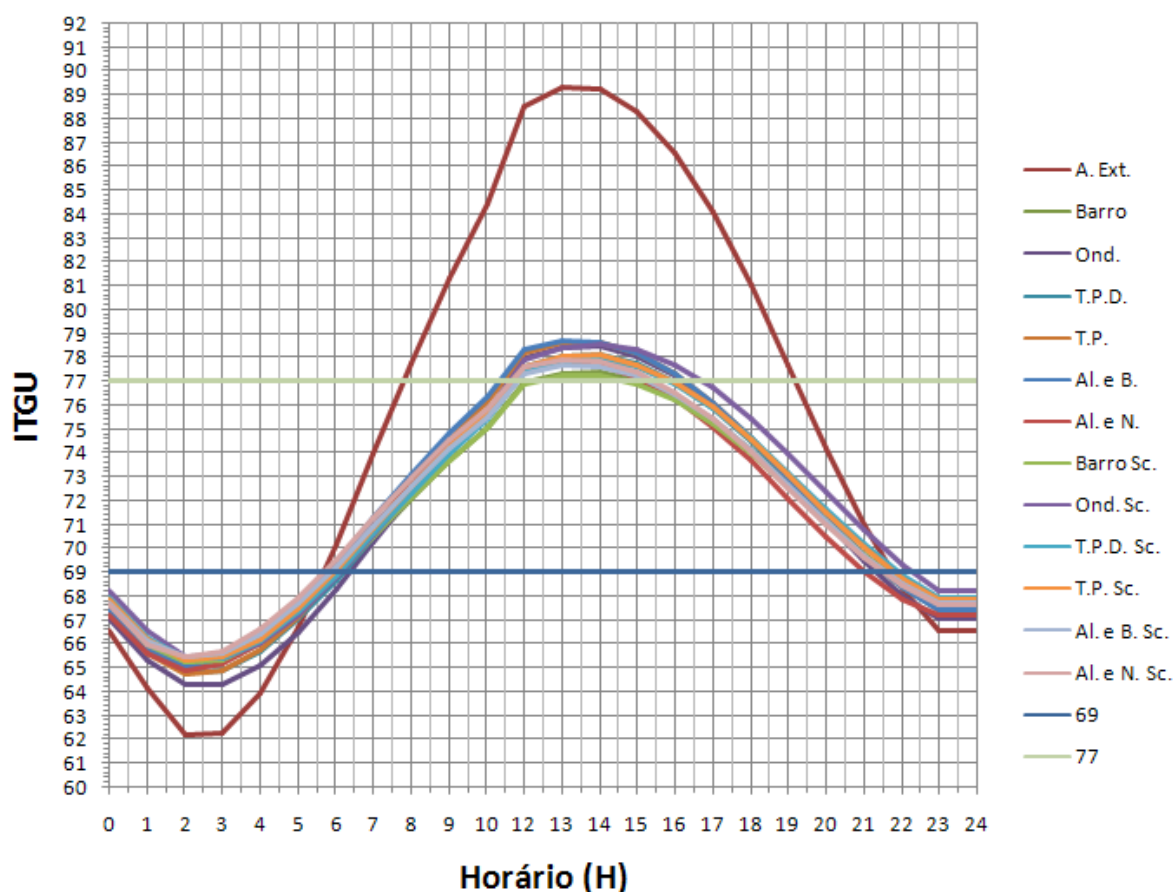


Gráfico 1 – Representação dos valores de índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), em função dos horários, correspondente a cada tipo de cobertura, ao nível das aves, e do ambiente externo, referente aos modelos com cortinas abertas.

Observa-se, na Tabela 6, correspondente ao caso de cortinas fechadas, que na maioria dos horários estudados não houve diferença significativa entre os ITGUs

relativos ao ambiente térmico interno da maioria dos modelos reduzidos que possuíam cobertura com telhas de materiais alternativos, com ou sem presença de manta isolante subcobertura, permitindo inferir que, quase no geral, as telhas de materiais alternativos possibilitaram condições térmicas equivalentes à telha de barro (padrão). A exceção ficou por conta das instalações, que possibilitaram condições térmicas ambientais estatisticamente mais quentes que o padrão, que tinham as seguintes coberturas: Ond. – fibra vegetal e betume, de 10:00 às 16:00 horas; T.P.D. – tubo pasta de dente, às 14:00 horas; T.P. – Tetra Pak, às 14:00 horas; Al. e B. – Reciplac aluminizada na face superior e branca na inferior, de 10:00 às 16:00 horas; Ond. Sc. – fibra vegetal e betume com subcobertura, às 10:00 horas; Al. e B. Sc. – Reciplac aluminizada em cima e branca por baixo com subcobertura, às 12:00 horas; e Al. e N. Sc. – Reciplac aluminizada em cima e neutra por baixo com subcobertura, às 10:00 horas.

Pode-se observar, ainda, na Tabela 6, que considerando as condições térmicas ambientais, caracterizadas por ITGU entre 69 a 77, como confortáveis para aves adultas (MEDEIROS et al., 2005), estas condições se configuraram no interior das instalações com cortinas fechadas em cerca de 29% do tempo quando não havia manta isolante subcobertura e 29% quando havia a presença da referida manta. No restante do tempo os índices caracterizavam frio ou calor.

Com base nos valores médios do ITGU, obtidos a partir dos dados do interior das instalações com cortinas fechadas, foram ajustadas as equações de regressão em função dos horários, as quais estão apresentadas na Tabela 7.

No Gráfico 2 estão representados os valores estimados do índice de temperatura de globo negro e umidade, em função dos horários, correspondentes às diversas instalações, ao nível das aves, para cortinas fechadas e do ambiente externo, de acordo com as equações de regressão.

Como pode-se observar no Gráfico 2, as condições térmicas ambientais no interior dos modelos foram equivalentes ao longo do dia, contudo, a condição de cortina fechada permitiu ampliar um pouco mais as diferenças entre os diversos tipos de coberturas, quando comparado com cortinas abertas. Pode-se observar também que as condições ambientais internas acompanharam de perto as externas e que as instalações não foram tão efetivas em suavizar os extremos climáticos externos, e ainda que em grande parte do tempo as instalações se mostraram desconfortáveis para as aves.

Tabela 6 - Valores médios da temperatura de globo negro e umidade (ITGU) ao nível das aves e do ambiente externo, referentes aos modelos com cortinas fechadas, sendo: Barro – telhas de barro; Ond. – fibra vegetal e betume; T.P. – Tetra Pak; T.P.D. – tubo pasta de dente; Al. e B. – Reciplac aluminizada na face superior e branca na inferior; Al. e N. – Reciplac aluminizada na face superior e neutra na inferior; Barro Sc. – telhas de barro com subcobertura; Ond. Sc. – fibra vegetal e betume com subcobertura; T.P. Sc. – Tetra Pak com subcobertura; T.P.D. Sc. – tubos de pasta de dente com subcobertura; Al. e B. Sc. – Reciplac aluminizada em cima e branca por baixo com subcobertura; e Al. e N. Sc. – Reciplac aluminizada em cima e neutra por baixo, com subcobertura

Horas	A. Ext.	Barro	Ond.	T. P. D.	T.P.	Al. e B.	Al. e N.	Barro Sc.	Ond. Sc.	T. P. D. Sc.	T.P. Sc.	Al. e B. Sc.	Al. e N. Sc.
Sistema 1 – Sem manta								Sistema 2 – Com manta					
0	67,6	68,1 a A	67,2 a A	67,5 a A	67,5 a A	68,2 a A	67,5 a A	68,1 a A	68,4 a A	68,5 a A	68,4 a A	68,1 a A	68,2 a A
2	66,4	67,6 a A	66,8 a A	67,1 a A	67,1 a A	67,8 a A	66,8 a A	67,6 a A	68,1 a A	68,1 a A	67,8 a A	67,5 a A	67,8 a A
4	65,7	67,1 a A	66,0 a A	66,4 a A	66,3 a A	67,2 a A	66,2 a A	67,0 a A	67,3 a A	67,2 a A	67,1 a A	67,0 a A	67,2 a A
6	66,3	67,9 a A	66,4 a A	67,1 a A	67,8 a A	68,6 a A	67,8 a A	68,1 a A	67,6 a A	68,1 a A	68,2 a A	68,4 a A	68,7 a A
8	76,1	73,8 a A	74,8 a A	74,6 a A	75,3 a A	75,6 a A	74,4 a A	73,7 a A	74,7 a A	74,9 a A	73,9 a A	74,7 a A	75,3 a A
10	83,7	76,9 a A	80,0 b A	78,2 a A	78,7 a A	79,8 b A	78,4 a A	77,1 a A	79,2 b A	78,4 a A	78,0 a A	78,5 a A	79,4 b A
12	88,5	80,2 a A	83,5 b A	81,8 a A	81,8 a A	83,0 b A	81,8 a A	79,3 a A	81,3 a A	81,3 a A	81,1 a A	82,6 b A	82,1 a A
14	94,6	82,4 a A	87,1 b A	84,6 b A	85,1 b A	84,8 b A	83,7 a A	81,1 a A	84,2 a A	84,0 a A	83,6 a A	82,2 a B	83,4 a A
16	92,7	81,9 a A	85,1 b A	83,6 a A	83,7 a A	84,1 b A	82,5 a A	80,5 a A	84,0 a A	83,5 a A	83,1 a A	82,1 a B	82,8 a A
18	79,0	76,1 a A	76,7 a A	76,6 a A	76,5 a A	76,9 a A	75,3 a A	75,7 a A	78,0 a A	77,6 a A	77,0 a A	76,2 a A	76,1 a A
20	69,6	70,5 a A	69,1 a A	69,6 a A	69,5 a A	70,5 a A	69,5 a A	70,4 a A	70,6 a A	70,8 a A	70,5 a A	70,3 a A	70,2 a A
22	67,8	69,2 a A	68,0 a A	68,5 a A	68,3 a A	69,1 a A	68,2 a A	69,1 a A	69,4 a A	69,2 a A	69,2 a A	69,1 a A	69,2 a A
24	67,6	68,1 a A	67,2 a A	67,5 a A	67,5 a A	68,2 a A	67,5 a A	68,1 a A	68,4 a A	68,5 a A	68,4 a A	68,1 a A	68,2 a A

Comparação com a telha padrão - As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

Comparação do efeito subcobertura - As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Tabela 7 – Equações ajustadas para o índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), em função dos horários (H) de observação, para o nível das aves e no ambiente externo, com os respectivos coeficientes de determinação (R^2) referentes às instalações com cortinas fechadas

Cobertura	Equações									R^2
A. Ext.	$\hat{Y} = 70,4979$	$-7,6309^*$	H	$+1,8993^*$	H^2	$-0,1218^*$	H^3	$+0,0023^*$	H^4	0,87
Barro	$\hat{Y} = 69,4780$	$-3,6794^*$	H	$+0,9379^*$	H^2	$-0,0595^*$	H^3	$+0,0011^*$	H^4	0,91
Ond.	$\hat{Y} = 69,3145$	$-5,3681^*$	H	$+1,3672^*$	H^2	$-0,0881^*$	H^3	$+0,0017^*$	H^4	0,89
T.P.D.	$\hat{Y} = 69,2306$	$-4,4608^*$	H	$+1,1427^*$	H^2	$-0,0732^*$	H^3	$+0,0014^*$	H^4	0,90
T.P.	$\hat{Y} = 69,0974$	$-4,3732^*$	H	$+1,1486^*$	H^2	$-0,0744^*$	H^3	$+0,0014^*$	H^4	0,91
Al. e B.	$\hat{Y} = 69,7752$	$-4,2780^*$	H	$+1,1312^*$	H^2	$-0,0735^*$	H^3	$+0,0014^*$	H^4	0,92
Al. e N	$\hat{Y} = 68,9180$	$-4,2562^*$	H	$+1,1200^*$	H^2	$-0,0729^*$	H^3	$+0,0014^*$	H^4	0,93
Barro Sc.	$\hat{Y} = 69,2514$	$-3,2956^*$	H	$+0,8575^*$	H^2	$-0,0548^*$	H^3	$+0,0010^*$	H^4	0,93
Ond. Sc.	$\hat{Y} = 70,0323$	$-4,2069^*$	H	$+1,0651^*$	H^2	$-0,0675^*$	H^3	$+0,0013^*$	H^4	0,90
T.P.D. Sc.	$\hat{Y} = 70,0467$	$-4,0905^*$	H	$+1,0382^*$	H^2	$-0,0659^*$	H^3	$+0,0012^*$	H^4	0,91
T.P. Sc.	$\hat{Y} = 69,8867$	$-4,0914^*$	H	$+1,0325^*$	H^2	$-0,0655^*$	H^3	$+0,0012^*$	H^4	0,91
Al. e B. Sc.	$\hat{Y} = 69,4441$	$-3,8993^*$	H	$+1,0313^*$	H^2	$-0,0671^*$	H^3	$+0,0013^*$	H^4	0,93
Al. e N. Sc.	$\hat{Y} = 69,5990$	$-3,9514^*$	H	$+1,0570^*$	H^2	$-0,0692^*$	H^3	$+0,0013^*$	H^4	0,93

* Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste "t".

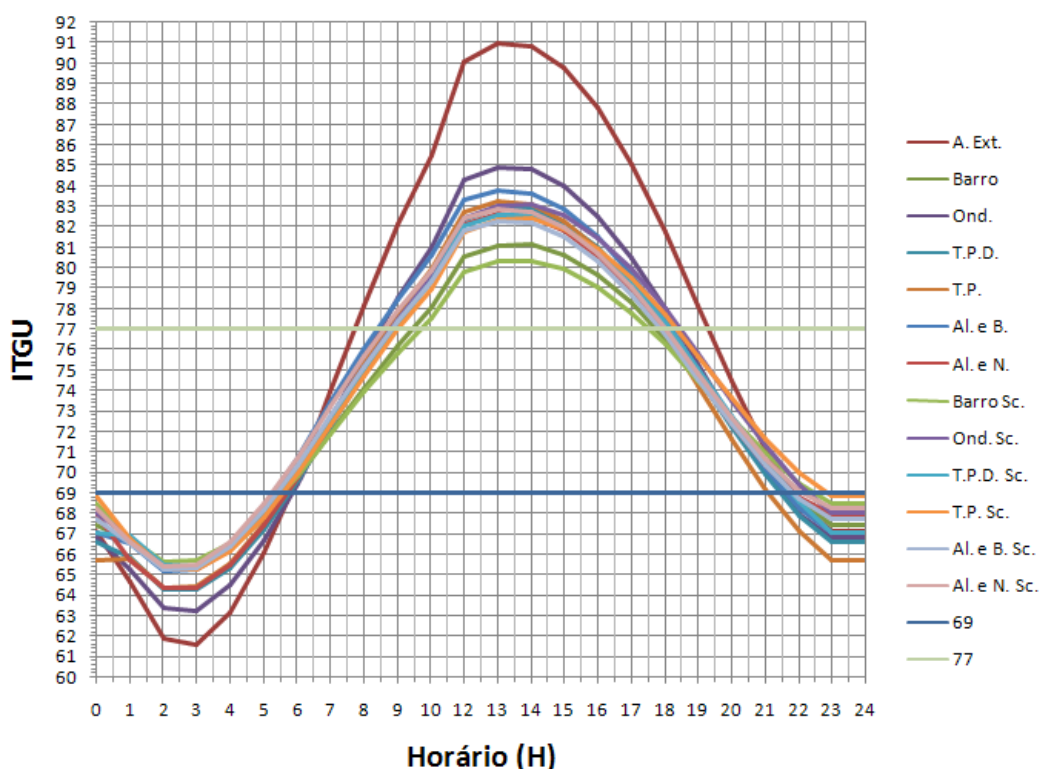


Gráfico 2 – Representação dos valores de índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), em função dos horários, correspondente a cada tipo de cobertura, ao nível das aves, e do ambiente externo, referente aos modelos com cortinas fechadas.

4.1.2. Ambiente térmico ao nível dos bovinos

Na Tabela 8 tem-se o resumo da análise de variância do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), calculado a partir dos dados do ambiente térmico medidos na altura correspondente ao centro de massa dos bovinos, referente ao efeito das diferentes coberturas, com cortina aberta e com cortina fechada.

Tabela 8 – Resumo da análise de variância do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), ao nível dos bovinos, referente aos modelos com cortinas abertas e com cortinas fechadas

Fontes de Variação	GL	Q.M.	GL	Q.M.
		ITGU – cortina aberta		ITGU – cortina fechada
Total	1091		467	
Total de Redução	227	99,64882*	179	105,7135*
Dias (blocos)	6	88,22429*	2	17,82672*
Telhas (TE)	5	3,336941*	5	8,967718*
Sistema (S)	1	4,86451*	1	0,2181177 ^{ns}
S*TE	5	5,450398*	5	4,417768**
**ERRO (A)	66	0,280149	22	1,59679
Horário (H)	12	1819,274*	12	1544,785*
H*TE	60	2,425331*	60	2,583898*
H*S	12	2,435455 ^{ns}	12	4,30031*
H*S*TE	60	2,435455 ^{ns}	60	0,6789502 ^{ns}
Resíduo	864	1,282627	288	1,306708
C.V. (%)		1,5828		1,5545

* Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste “F”;

** Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste “F”;

^{ns} Não significativo, pelo teste “F”.

Na Tabela 9 são apresentados os valores médios do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), em função dos horários, para as diversas instalações, com diferentes coberturas, e do ambiente externo, ao nível dos bovinos.

Observa-se na Tabela 9 que na maioria dos horários estudados não houve diferença significativa entre os ITGUs correspondentes aos ambientes térmicos do interior dos modelos reduzidos, constituídos pelos diversos tipos de cobertura, permitindo inferir que as coberturas testadas, inclusive com presença de manta isolante subcobertura, apresentaram comportamento térmico praticamente equivalente à telha de barro (padrão). Foram exceção apenas os resultados

correspondentes aos modelos com Al. e B. – Reciplac aluminizada na face superior e branca na inferior, às 14:00 horas e Ond. Sc. – fibra vegetal e betume com subcobertura, às 16:00 e 18:00 horas, com valores maiores que do padrão.

Já os valores de ITGU, quando se compara o ambiente térmico propiciado pelas coberturas, com e sem a manta subcobertura, foram em geral estatisticamente iguais pelo teste Tukey, com exceção apenas do ambiente propiciado pela cobertura Al. e B. SC. – Reciplac aluminizada em cima e branca por baixo com subcobertura, às 12:00 e 14:00 horas, com valores menores do que os correspondentes à telha sem a manta subcobertura, demonstrando neste caso que a manta contribuiu para a melhoria do conforto térmico interior da instalação em condições de verão.

Ainda, na Tabela 9, pode-se observar que, considerando as condições térmicas ambientais caracterizadas por ITGU abaixo de 74 como confortáveis para os bovinos, de acordo com Baêta e Souza (1997) e Matarazzo (2006), estas condições se configuraram no interior das instalações com cortinas abertas em cerca de 59,7% do tempo quando não havia manta isolante subcobertura e 61,1% quando havia a presença da referida manta. No restante do tempo os índices caracterizavam calor. Estes resultados mostram que a presença da manta subcobertura não teve relevância, a não ser em caso especial de cobertura específica.

Tabela 9 - Valores médios da temperatura de globo negro e umidade (ITGU) ao nível dos bovinos e do ambiente externo, referentes aos modelos com cortinas abertas, sendo: Barro – telhas de barro; Ond. – fibra vegetal e betume; T.P. – Tetra Pak; T.P.D. – tubo pasta de dente; Al. e B. – Reciplac aluminizada na face superior e branca na inferior; Al. e N. – Reciplac aluminizada na face superior e neutra na inferior; Barro Sc. – telhas de barro com subcobertura; Ond. Sc. – fibra vegetal e betume com subcobertura; T.P. Sc. – Tetra Pak com subcobertura; T.P.D. Sc. – tubos de pasta de dente com subcobertura; Al. e B. Sc. – Reciplac aluminizada em cima e branca por baixo com subcobertura; e Al. e N. Sc. – Reciplac aluminizada em cima e neutra por baixo, com subcobertura

Horas	A. Ext.	Barro	Ond.	T. P. D.	T.P.	Al. e B.	Al. e N.	Barro Sc.	Ond. Sc.	T. P. D. Sc.	T.P. Sc.	Al. e B. Sc.	Al. e N. Sc.	
	Sistema 1 – Sem manta							Sistema 2 – Com manta						
0	66,8	67,4 a A	66,9 a A	67,0 a A	67,1 a A	67,2 a A	66,7 a A	67,4 a A	67,8 a A	67,8 a A	67,5 a A	67,4 a A	67,3 a A	
2	65,6	66,5 a A	66,1 a A	66,1 a A	66,1 a A	66,2 a A	65,8 a A	66,2 a A	66,7 a A	66,6 a A	66,5 a A	66,5 a A	66,4 a A	
4	64,6	65,7 a A	65,3 a A	65,4 a A	65,3 a A	65,5 a A	65,1 a A	65,5 a A	66,1 a A	65,9 a A	65,7 a A	65,8 a A	65,9 a A	
6	66,6	68,5 a A	67,0 a A	67,8 a A	68,0 a A	69,5 a A	69,2 a A	68,8 a A	67,3 a A	68,1 a A	68,7 a A	69,3 a A	69,9 a A	
8	79,8	72,1 a A	72,2 a A	72,4 a A	72,6 a A	72,2 a A	72,2 a A	72,0 a A	72,5 a A	72,5 a A	72,4 a A	72,2 a A	72,7 a A	
10	82,6	75,2 a A	75,3 a A	75,2 a A	76,1 a A	76,0 a A	74,9 a A	75,1 a A	75,1 a A	75,5 a A	75,5 a A	75,3 a A	75,4 a A	
12	86,8	76,8 a A	78,2 a A	77,6 a A	78,1 a A	78,2 a A	77,1 a A	76,4 a A	77,3 a A	77,1 a A	77,4 a A	77,0 a B	77,2 a A	
14	90,2	77,5 a A	78,8 a A	78,2 a A	78,4 a A	79,5 b A	78,1 a A	77,4 a A	78,4 a A	77,8 a A	77,7 a A	78,1 a B	78,5 a A	
16	89,7	77,4 a A	78,2 a A	77,7 a A	78,2 a A	78,4 a A	76,7 a A	77,3 a A	79,0 b A	77,8 a A	78,0 a A	77,3 a A	77,1 a A	
18	82,5	74,6 a A	75,3 a A	74,9 a A	74,9 a A	74,8 a A	73,1 a A	74,3 a A	76,1 b A	75,4 a A	74,7 a A	73,9 a A	73,8 a A	
20	69,9	70,4 a A	69,8 a A	70,0 a A	70,0 a A	70,2 a A	69,5 a A	70,3 a A	70,6 a A	70,5 a A	70,3 a A	70,0 a A	70,3 a A	
22	67,9	68,6 a A	68,1 a A	68,3 a A	68,4 a A	68,5 a A	68,0 a A	68,6 a A	68,8 a A	68,8 a A	68,6 a A	68,6 a A	68,7 a A	
24	66,8	67,4 a A	66,9 a A	67,0 a A	67,1 a A	67,2 a A	66,7 a A	67,4 a A	67,8 a A	67,8 a A	67,5 a A	67,4 a A	67,3 a A	

Comparação com a telha padrão - As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

Comparação do efeito subcobertura - As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Com base nos valores médios do ITGU, foram ajustadas as equações de regressão em função dos horários, as quais estão apresentadas na Tabela 10.

Tabela 10 – Equações ajustadas para valores da temperatura de globo negro e umidade (ITGU), em função dos horários (H) de observação, para o nível dos bovinos e no ambiente externo, com os respectivos coeficientes de determinação (R^2), referentes aos modelos com cortinas abertas

Coberturas	Equações									R^2
A. Ext.	$\hat{Y} = 68,7088$	$-6,0936^*$	H	$+1,6089^*$	H^2	$-0,1039^*$	H^3	$+0,0020^*$	H^4	0,91
Barro	$\hat{Y} = 68,0358$	$-2,5810^*$	H	$+0,6875^*$	H^2	$-0,0440^*$	H^3	$+0,0008^*$	H^4	0,97
Ond.	$\hat{Y} = 67,8973$	$-3,3124^*$	H	$+0,8560^*$	H^2	$-0,0549^*$	H^3	$+0,0010^*$	H^4	0,95
T.P.D.	$\hat{Y} = 67,7560$	$-2,8352^*$	H	$+0,7548^*$	H^2	$-0,0484^*$	H^3	$+0,0009^*$	H^4	0,97
T.P.	$\hat{Y} = 67,8484$	$-2,9820^*$	H	$+0,7996^*$	H^2	$-0,0517^*$	H^3	$+0,0010^*$	H^4	0,97
Al. e B.	$\hat{Y} = 67,9092$	$-2,8760^*$	H	$+0,7852^*$	H^2	$-0,0509^*$	H^3	$+0,0010^*$	H^4	0,97
Al. e N	$\hat{Y} = 67,2313$	$-2,5254^*$	H	$+0,7203^*$	H^2	$-0,0477^*$	H^3	$+0,0009^*$	H^4	0,98
Barro Sc.	$\hat{Y} = 67,8656$	$-2,4996^*$	H	$+0,6750^*$	H^2	$-0,0434^*$	H^3	$+0,0008^*$	H^4	0,98
Ond. Sc.	$\hat{Y} = 68,6457$	$-3,0256^*$	H	$+0,7546^*$	H^2	$-0,0469^*$	H^3	$+0,0009^*$	H^4	0,94
T.P.D. Sc.	$\hat{Y} = 68,4005$	$-2,7651^*$	H	$+0,7183^*$	H^2	$-0,0456^*$	H^3	$+0,0008^*$	H^4	0,97
T.P. Sc.	$\hat{Y} = 68,1133$	$-2,6635^*$	H	$+0,7152^*$	H^2	$-0,0460^*$	H^3	$+0,0009^*$	H^4	0,97
Al. e B. Sc.	$\hat{Y} = 67,9448$	$-2,4769^*$	H	$+0,6853^*$	H^2	$-0,0446^*$	H^3	$+0,0008^*$	H^4	0,97
Al. e N. Sc.	$\hat{Y} = 67,7633$	$-2,3145^*$	H	$+0,6715^*$	H^2	$-0,0444^*$	H^3	$+0,0009^*$	H^4	0,98

* Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste "t".

No gráfico 3 estão representados os valores estimados do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), em função dos horários, para as diversas coberturas e cortinas abertas, e do ambiente externo, de acordo com as equações de regressão.

Como pode-se observar no Gráfico 3, existiu uma semelhança de condições térmicas ambientais no interior dos modelos reduzidos ao longo do dia, mostrando mais uma vez que todas as coberturas apresentaram desempenho praticamente semelhante e uma razoável capacidade em amenizar os extremos climáticos do ambiente exterior. A linha traçada, correspondente ao ITGU igual a 74, mostra para cada caso o período do dia em que os bovinos poderiam estar em desconforto por calor.

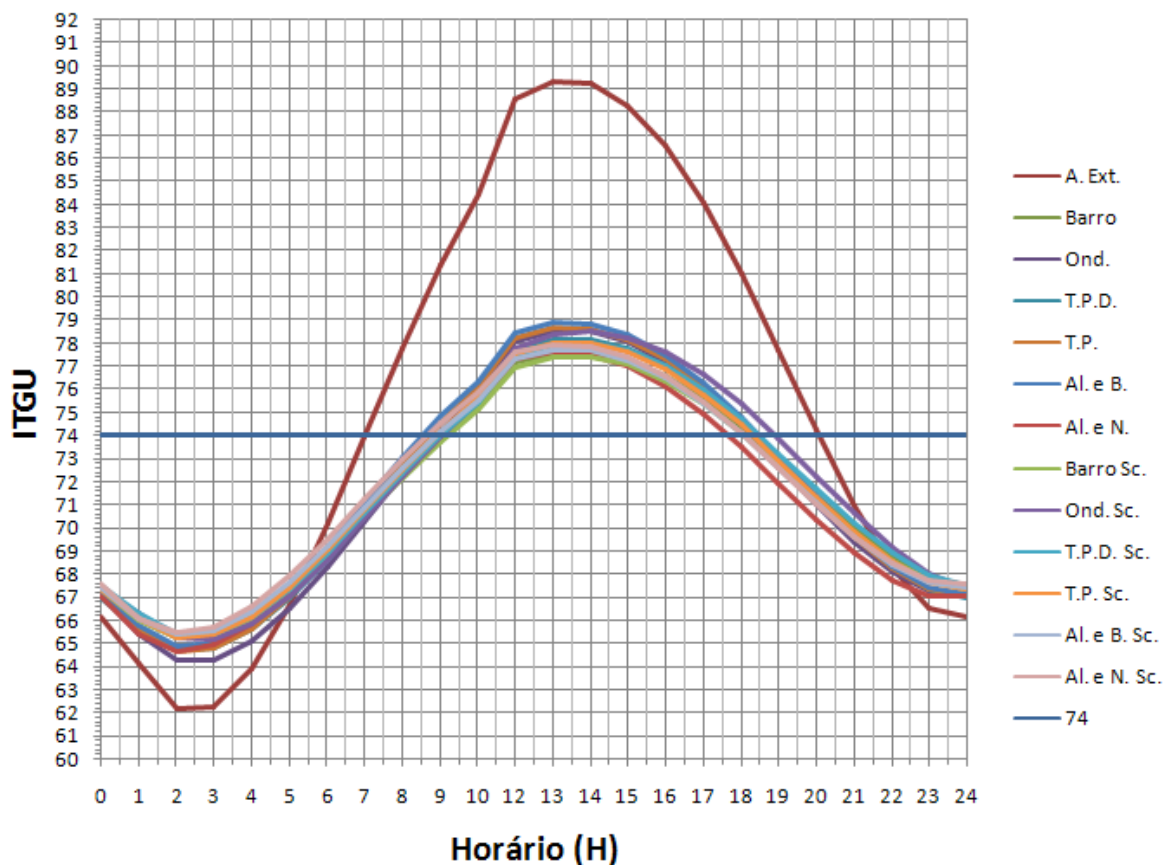


Gráfico 3 – Representação dos valores do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), em função dos horários, correspondentes a cada tipo de cobertura, ao nível dos bovinos, e do ambiente externo referentes aos modelos com cortinas abertas.

A Tabela 11, Tabela 12 e Gráfico 4, a seguir, apresentam resultados do ambiente térmico no interior das instalações ao nível do centro de massa dos bovinos e do ambiente externo, referentes aos modelos com cortinas fechadas.

Tabela 11 - Valores médios da temperatura de globo negro e umidade (ITGU) ao nível dos bovinos e do ambiente externo, referentes aos modelos com cortinas fechadas, sendo: Barro – telhas de barro; Ond. – fibra vegetal e betume; T.P. – Tetra Pak; T.P.D. – tubo pasta de dente; Al. e B. – Reciplac aluminizada na face superior e branca na inferior; Al. e N. – Reciplac aluminizada na face superior e neutra na inferior; Barro Sc. – telhas de barro com subcobertura; Ond. Sc. – fibra vegetal e betume com subcobertura; T.P. Sc. – Tetra Pak com subcobertura; T.P.D. Sc. – tubos de pasta de dente com subcobertura; Al. e B. Sc. – Reciplac aluminizada em cima e branca por baixo com subcobertura; e Al. e N. Sc. – Reciplac aluminizada em cima e neutra por baixo, com subcobertura

Horas	A. Ext.	Barro	Ond.	T. P. D.	T.P.	Al. e B.	Al. e N.	Barro Sc.	Ond. Sc.	T. P. D. Sc.	T.P. Sc.	Al. e B. Sc.	Al. e N. Sc.	
	Sistema 1 – Sem manta							Sistema 2 – Com manta						
0	67,6	68,1 a A	67,2 a A	67,4 a A	67,4 a A	67,7 a A	67,5 a A	68,1 a A	68,4 a A	68,4 a A	68,4 a A	68,1 a A	68,1 a A	
2	66,4	67,5 a A	66,9 a A	67,1 a A	67,0 a A	67,3 a A	66,8 a A	67,5 a A	68,0 a A	68,0 a A	67,8 a A	67,7 a A	67,7 a A	
4	65,7	67,0 a A	66,1 a A	66,3 a A	66,3 a A	66,7 a A	66,2 a A	66,9 a A	67,3 a A	67,2 a A	67,0 a A	67,0 a A	67,1 a A	
6	66,3	67,9 a A	66,4 a A	67,1 a A	67,6 a A	68,2 a A	67,9 a A	67,9 a A	67,6 a A	68,0 a A	68,2 a A	68,6 a A	68,7 a A	
8	76,1	73,6 a A	74,9 a A	74,6 a A	75,1 a A	75,4 a A	74,5 a A	73,6 a A	74,7 a A	74,8 a A	73,9 a A	74,8 a A	75,2 a A	
10	83,7	76,9 a A	80,2 b A	78,2 a A	78,5 a A	79,4 b A	78,4 a A	76,9 a A	79,2 a A	78,4 a A	78,0 a A	78,6 a A	79,4 b A	
12	88,5	80,2 a A	83,8 b A	81,8 a A	81,9 a A	82,7 b A	81,9 a A	79,2 a A	81,4 a B	81,2 a A	81,1 a A	82,7 b A	82,1 a A	
14	94,6	82,9 a A	87,2 b A	84,6 a A	84,9 a A	84,8 a A	83,7 a A	81,2 a A	84,5 a B	84,0 a A	83,6 a A	82,5 a B	83,5 a A	
16	92,7	82,1 a A	85,3 b A	83,7 a A	83,7 a A	83,9 a A	82,6 a A	80,7 a A	84,1 a A	83,5 a A	83,0 a A	82,4 a A	82,8 a A	
18	79,0	76,2 a A	76,8 a A	76,7 a A	76,2 a A	76,5 a A	75,3 a A	75,6 a A	78,0 a A	77,6 a A	76,9 a A	76,3 a A	76,1 a A	
20	69,6	70,5 a A	69,1 a A	69,6 a A	72,5 a A	70,3 a A	69,5 a A	70,4 a A	70,6 a A	70,8 a A	70,3 a B	70,3 a A	70,2 a A	
22	67,8	69,2 a A	68,0 a A	68,4 a A	71,1 a A	68,7 a A	68,2 a A	69,1 a A	69,4 a A	69,2 a A	69,2 a B	69,1 a A	69,2 a A	
24	67,6	68,1 a A	67,2 a A	67,4 a A	67,4 a A	67,7 a A	67,5 a A	68,1 a A	68,4 a A	68,4 a A	68,4 a A	68,1 a A	68,1 a A	

Comparação com a telha padrão - As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

Comparação do efeito subcobertura - As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Tabela 12 – Equações ajustadas para valores da temperatura de globo negro e umidade (ITGU), em função dos horários (H) de observação, para o nível dos bovinos e no ambiente externo, com os respectivos coeficientes de determinação (R^2), referentes aos modelos com cortinas fechadas

Coberturas	Equações									R^2
A. Ext.	$\hat{Y} = 70,4979$	$-7,6309^*$	H	$+1,8993^*$	H^2	$-0,1218^*$	H^3	$+0,0023^*$	H^4	0,87
Barro	$\hat{Y} = 69,5280$	$-3,7927^*$	H	$+0,9586^*$	H^2	$-0,0606^*$	H^3	$+0,0011^*$	H^4	0,91
Ond.	$\hat{Y} = 69,3434$	$-5,3968^*$	H	$+1,3775^*$	H^2	$-0,0889^*$	H^3	$+0,0017^*$	H^4	0,89
T.P.D.	$\hat{Y} = 69,1549$	$-4,4491^*$	H	$+1,1415^*$	H^2	$-0,073^*$	H^3	$+0,0014^*$	H^4	0,90
T.P.	$\hat{Y} = 68,7792$	$-3,9867^*$	H	$+1,0564^*$	H^2	$-0,0679^*$	H^3	$+0,0013^*$	H^4	0,92
Al. e B.	$\hat{Y} = 69,2806$	$-4,3044^*$	H	$+1,1420^*$	H^2	$-0,0742^*$	H^3	$+0,0014^*$	H^4	0,93
Al. e N	$\hat{Y} = 68,9084$	$-4,2458^*$	H	$+1,1205^*$	H^2	$-0,0730^*$	H^3	$+0,0014^*$	H^4	0,93
Barro Sc.	$\hat{Y} = 69,2737$	$-3,3845^*$	H	$+0,8707^*$	H^2	$-0,0554^*$	H^3	$+0,0010^*$	H^4	0,93
Ond. Sc.	$\hat{Y} = 70,0366$	$-4,2694^*$	H	$+1,0798^*$	H^2	$-0,0685^*$	H^3	$+0,0013^*$	H^4	0,90
T.P.D. Sc.	$\hat{Y} = 69,9436$	$-4,0613^*$	H	$+1,0320^*$	H^2	$-0,0655^*$	H^3	$+0,0012^*$	H^4	0,91
T.P. Sc.	$\hat{Y} = 69,8925$	$-4,1268^*$	H	$+1,0410^*$	H^2	$-0,0662^*$	H^3	$+0,0012^*$	H^4	0,91
Al. e B. Sc.	$\hat{Y} = 69,5040$	$-3,9053^*$	H	$+1,0352^*$	H^2	$-0,0673^*$	H^3	$+0,0013^*$	H^4	0,93
Al. e N. Sc.	$\hat{Y} = 69,4987$	$-3,9488^*$	H	$+1,0578^*$	H^2	$-0,0692^*$	H^3	$+0,0013^*$	H^4	0,93

* Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste "t".

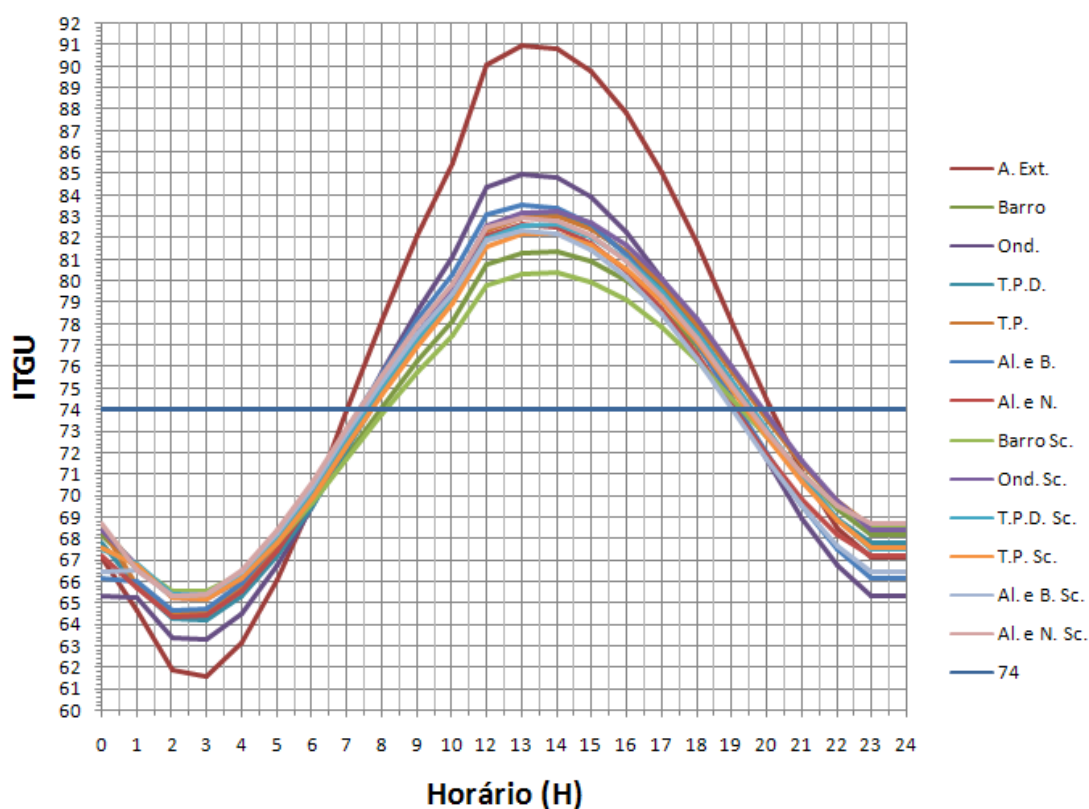


Gráfico 4 – Representação dos valores do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), em função dos horários, correspondentes a cada tipo

de cobertura, ao nível dos bovinos, e do ambiente externo, referente aos modelos com cortinas fechadas.

Observa-se na Tabela 11 que, em grande parte dos horários estudados, na altura correspondente ao centro de massa dos bovinos, não houve diferença significativa entre os ITGUs correspondentes aos ambientes térmicos do interior dos modelos reduzidos com cortinas fechadas, constituídos pelos diversos tipos de cobertura, permitindo inferir que as coberturas testadas, inclusive com presença de manta isolante subcobertura, apresentaram comportamento térmico praticamente equivalente à telha de barro (padrão). Foram exceção apenas os resultados correspondente ao modelos com Ond. – fibra vegetal e betume, de 10:00 às 16:00 horas; Al. e B. – Reciplac aluminizada na face superior e branca na inferior, 10:00 e 12:00 horas; Al. e B. Sc. – Reciplac aluminizada em cima e branca por baixo com subcobertura, às 12:00 horas; e Al. e N. Sc. – Reciplac aluminizada em cima e neutra por baixo, com subcobertura, às 10:00 horas, com valores maiores que o padrão.

Já os valores de ITGU, quando se compara o ambiente térmico propiciado pelas coberturas, na altura do centro de massa dos bovinos, com e sem a manta subcobertura, foram em geral estatisticamente iguais pelo teste Tukey, com exceção do ambiente propiciado pelas coberturas Ond. Sc. – fibra vegetal e betume com subcobertura, às 12:00 e 14:00 horas; T.P. Sc. – Tetra Pak com subcobertura, às 20:00 e 22:00 horas; e Al. e B. SC. – Reciplac aluminizada em cima e branca por baixo com subcobertura, às 14:00 horas, com valores menores do que os correspondentes à telha sem a manta subcobertura, demonstrando neste caso que a manta contribuiu para a melhoria do conforto térmico interior da instalação em condições de verão.

Ainda, na Tabela 11, pode-se observar que, considerando as condições térmicas ambientais caracterizadas por ITGU abaixo de 74 como confortáveis para os bovinos, de acordo com Baêta e Souza (1997) e Matarazzo (2006), estas condições se configuraram no interior das instalações com cortinas fechadas em cerca de 51,4 % do tempo quando não havia manta isolante subcobertura e 52,8 % quando havia a presença da referida manta. No restante do tempo os índices caracterizavam calor.

No Gráfico 4, pode-se observar que existiu uma semelhança de condições térmicas ambientais, na altura do centro de massa dos bovinos, no interior dos

modelos reduzidos ao longo do dia, porém de forma mais amplificada com relação às diferenças entre coberturas com cortinas abertas. Observa-se ainda que em condições de cortina fechada, as coberturas foram apenas razoáveis em amenizar os extremos climáticos do ambiente exterior, ficando ainda por conta da cobertura de barro os melhores resultados. A linha traçada, correspondente ao ITGU igual a 74, mostra para cada caso o período do dia em que os bovinos poderiam estar em desconforto por calor.

4.2. Carga Térmica radiante (CTR)

4.2.1. Ambiente térmico ao nível das aves

Os valores médios da carga térmica radiante (CTR), em função dos horários de observação, para cada modelo reduzido, estão apresentados nas Tabelas e Gráficos subseqüentes.

Na Tabela 13 tem-se o resumo da análise de variância da carga térmica radiante (CTR), ao nível das aves, referente ao efeito dos diversos tipos de cobertura e manejo da cortina.

Na Tabela 14 estão relacionados os valores médios da carga térmica radiante, em função dos horários, para o ambiente interno ao nível das aves, das diversas instalações com respectivas coberturas, e do ambiente externo, com cortinas abertas.

Com base nos valores médios da CTR, foram ajustadas as equações de regressão em função dos horários, correspondentes a cada tipo de instalação e ao meio externo, as quais estão relacionadas na Tabela 15.

No Gráfico 5 estão representados os valores estimados do índice de carga térmica radiante (CTR), em função dos horários, para as diversas coberturas e cortinas abertas, e do ambiente externo, de acordo com as equações de regressão.

Tabela 13 – Resumo da análise de variância da carga térmica radiante (CTR), ao nível das aves, referente aos modelos com as diferentes coberturas e com cortinas abertas e cortinas fechadas

Fontes de Variação	GL	Q.M.	GL	Q.M.
		CTR – cortinas abertas		CTR – cortinas fechadas
Total	1091		467	
Total de Redução	227	2412,933*	179	2383,308*
Dias (blocos)	6	1227,442*	2	309,7135*
Telhas (TE)	5	173,6164*	5	147,842*
Sistema (S)	1	679,9103*	1	1,737085 ^{ns}
S*TE	5	59,67547*	5	120,5195*
**ERRO (A)	66	6,9349	22	8,019397
Horário (H)	12	44391,84*	12	34885,43*
H*TE	60	73,07339*	60	50,65669*
H*S	12	17,71119 ^{ns}	12	169,3918*
H*S*TE	60	12,80071 ^{ns}	60	12,92628 ^{ns}
Resíduo	864	26,48509	288	21,69748
C.V. (%)		1,1986		1,0639

* Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste "F";

^{ns} Não significativo, pelo teste "F".

Tabela 14 - Valores médios da carga térmica radiante (CTR) ao nível das aves e do ambiente externo, referentes aos modelos com cortinas abertas, sendo: Barro – telhas de barro; Ond. – fibra vegetal e betume; T.P. – Tetra Pak; T.P.D. – tubo pasta de dente; Al. e B. – Reciplac aluminizada na face superior e branca na inferior; Al. e N. – Reciplac aluminizada na face superior e neutra na inferior; Barro Sc. – telhas de barro com subcobertura; Ond. Sc. – fibra vegetal e betume com subcobertura; T.P. Sc. – Tetra Pak com subcobertura; T.P.D. Sc. – tubos de pasta de dente com subcobertura; Al. e B. Sc. – Reciplac aluminizada em cima e branca por baixo com subcobertura; e Al. e N. Sc. – Reciplac aluminizada em cima e neutra por baixo, com subcobertura

Horas	A. Ext.	Barro	Ond.	T. P. D.	T.P.	Al. e B.	Al. e N.	Barro Sc.	Ond. Sc.	T. P. D. Sc.	T.P. Sc.	Al. e B. Sc.	Al. e N. Sc.
Sistema 1 – Sem manta								Sistema 2 – Com manta					
0	394,5	406,6 a A	407,4 a A	406,2 a A	406,9 a A	406,7 a A	407,9 a A	409,2 a A	412,1 a A	409,0 a A	407,7 a A	408,9 a A	407,0 a A
2	389,7	404,8 a A	404,1 a A	402,9 a A	403,8 a A	405,0 a A	405,0 a A	406,6 a A	408,1 a A	405,7 a A	406,9 a A	405,6 a A	403,4 a A
4	385,3	402,2 a A	401,6 a A	401,5 a A	401,3 a A	401,9 a A	402,0 a A	403,8 a A	406,3 a A	403,2 a A	404,6 a A	403,6 a A	402,2 a A
6	410,0	412,3 a A	408,2 a A	411,5 a A	413,1 a A	418,6 a A	418,8 a A	417,2 a A	409,5 a A	412,1 a A	415,1 a A	419,8 b A	422,0 b A
8	634,5	427,2 a A	430,9 a A	433,0 a A	434,3 b A	435,1 b A	435,0 b A	435,0 b B	436,1 b A	433,2 a A	433,1 a A	435,7 b A	436,6 b A
10	647,8	445,4 a A	448,6 a A	450,1 a A	453,6 b A	451,3 a A	451,4 a A	451,7 a B	449,3 a A	452,7 b A	451,9 a A	452,3 b A	453,3 b A
12	714,2	451,1 a A	458,8 b A	459,6 b A	463,1 b A	459,4 b A	461,1 b A	455,2 a A	458,3 b A	456,8 a A	460,3 b A	458,0 b A	461,2 b A
14	789,4	452,8 a A	467,7 b A	463,9 b A	464,6 b A	464,7 b A	465,7 b A	459,3 a B	466,5 b A	461,8 b A	462,0 b A	462,7 b A	466,4 b A
16	726,4	453,7 a A	462,2 b A	461,1 b A	463,3 b A	459,2 a A	458,6 a A	457,8 a A	464,8 b A	460,8 b A	465,2 b A	460,9 b A	462,0 b A
18	570,4	438,9 a A	445,6 a A	444,2 a A	442,6 a A	438,8 a A	435,0 a A	440,7 a A	443,1 a A	446,7 b A	444,3 a A	439,1 a A	437,1 a A
20	394,0	418,2 a A	419,0 a A	417,3 a A	418,3 a A	418,5 a A	418,5 a A	419,9 a A	421,4 a A	420,2 a A	421,2 a A	419,8 a A	419,2 a A
22	394,4	411,4 a A	412,2 a A	411,8 a A	412,1 a A	412,3 a A	412,2 a A	413,4 a A	415,6 a A	412,7 a A	414,9 a A	413,4 a A	411,7 a A
24	394,5	406,6 a A	407,4 a A	406,2 a A	406,9 a A	406,7 a A	407,9 a A	409,2 a A	412,1 a A	409,0 a A	407,7 a A	408,9 a A	407,0 a A

Comparação com a telha padrão - As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

Comparação do efeito subcobertura - As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Tabela 15 – Equações ajustadas para valores da carga térmica radiante (CTR), em função dos horários (H) de observação, para o nível das aves e no ambiente externo, com os respectivos coeficientes de determinação (R^2), referentes aos modelos com cortinas abertas

Coberturas	Equações									R^2
A. Ext.	$\hat{Y} = 426,50$	$-93,335^*$	H	$+26,2836^*$	H^2	$-1,7797^*$	H^3	$+0,0352^*$	H^4	0,88
Barro	$\hat{Y} = 410,03$	$-11,455^*$	H	$+3,1334^*$	H^2	$-0,2036^*$	H^3	$+0,0039^*$	H^4	0,95
Ond.	$\hat{Y} = 412,37$	$-15,590^*$	H	$+4,0198^*$	H^2	$-0,2566^*$	H^3	$+0,0048^*$	H^4	0,94
T.P.D.	$\hat{Y} = 410,26$	$-14,160^*$	H	$+3,8565^*$	H^2	$-0,2512^*$	H^3	$+0,0048^*$	H^4	0,96
T.P.	$\hat{Y} = 411,11$	$-14,805^*$	H	$+4,0603^*$	H^2	$-0,2670^*$	H^3	$+0,0051^*$	H^4	0,96
Al. e B.	$\hat{Y} = 410,15$	$-12,482^*$	H	$+3,6213^*$	H^2	$-0,2419^*$	H^3	$+0,0047^*$	H^4	0,97
Al. e N	$\hat{Y} = 411,35$	$-13,391^*$	H	$+3,8149^*$	H^2	$-0,2558^*$	H^3	$+0,0050^*$	H^4	0,96
Barro Sc.	$\hat{Y} = 412,13$	$-11,814^*$	H	$+3,3557^*$	H^2	$-0,2223^*$	H^3	$+0,0043^*$	H^4	0,96
Ond. Sc.	$\hat{Y} = 416,79$	$-15,218^*$	H	$+3,8865^*$	H^2	$-0,2492^*$	H^3	$+0,0047^*$	H^4	0,93
T.P.D. Sc.	$\hat{Y} = 412,88$	$-13,679^*$	H	$+3,6550^*$	H^2	$-0,2358^*$	H^3	$+0,0045^*$	H^4	0,95
T.P. Sc.	$\hat{Y} = 411,95$	$-12,694^*$	H	$+3,5300^*$	H^2	$-0,2300^*$	H^3	$+0,0044^*$	H^4	0,94
Al. e B. Sc.	$\hat{Y} = 411,81$	$-12,271^*$	H	$+3,5318^*$	H^2	$-0,2355^*$	H^3	$+0,0046^*$	H^4	0,96
Al. e N. Sc.	$\hat{Y} = 409,80$	$-12,576^*$	H	$+3,7370^*$	H^2	$-0,252^*$	H^3	$+0,0049^*$	H^4	0,97

* Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste "t".

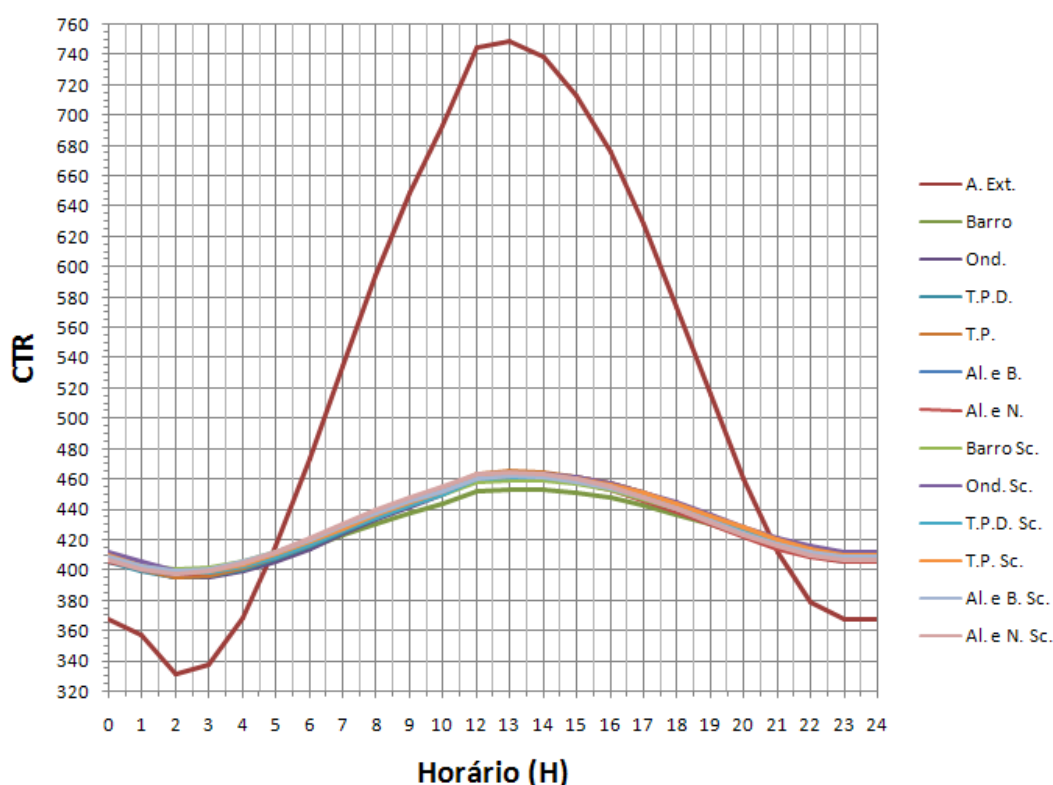


Gráfico 5 – Representação dos valores estimados do índice de carga térmica radiante (CTR), em função dos horários, para cada tipo de cobertura, ao nível das aves, e do ambiente externo, referente aos modelos com cortinas abertas.

Como se sabe, a carga térmica radiante é um dos fatores do ambiente térmico animal que compõe o índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e é grandemente influenciada pelo tipo de cobertura da instalação. Desta forma, sua mensuração é importante para concluir sobre a eficiência dos diversos tipos de coberturas.

Considerando os horários de maior incidência radiante solar, de 10:00 às 16:00 horas, pode-se se verificar na Tabela 14, que todos os tipos de cobertura possibilitaram valores estatisticamente maiores de carga térmica radiante, quando comparado às telhas de barro (teste Dunnett), os quais contribuíram para o desconforto térmico no interior das instalações.

Vale ainda verificar que tomando como base a cobertura de barro, para todos os horários de medições, excluindo-se a instalação com cobertura Barro Sc. – telhas de barro com subcobertura, a presença da manta isolante subcobertura não foi capaz de, estatisticamente, promover redução na carga térmica radiante no ambiente das aves.

O Gráfico 5 mostra a homogeneidade dos valores estimados do índice de carga térmica radiante (CTR), ao longo do dia, entre todos os tipos de cobertura ao nível das aves com as cortinas abertas. Mostra também a capacidade das instalações em atenuar a carga térmica radiante exterior sobre os animais nos períodos críticos do dia. Próximo às 13:00 horas, por exemplo, a redução ou amortecimento da carga térmica radiante chega a ser de 35 a 41%, dependendo do tipo de cobertura.

A seguir são apresentados os resultados da carga térmica radiante (CTR), para o nível das aves, correspondentes às instalações fechadas.

Na Tabela 16 estão relacionados os valores médios da carga térmica radiante, em função dos horários, para o ambiente interno ao nível das aves, das diversas instalações com respectivas coberturas, e do ambiente externo, com cortinas fechadas.

Com base nos valores médios da CTR, foram ajustadas as equações de regressão em função dos horários, correspondentes a cada tipo de instalação e ao meio externo, as quais estão relacionadas na Tabela 17.

No Gráfico 6 estão representados os valores estimados do índice de carga térmica radiante (CTR), em função dos horários, para as diversas coberturas e cortinas fechadas, e do ambiente externo, de acordo com as equações de regressão.

Tabela 16 - Valores médios da carga térmica radiante (CTR) ao nível das aves e do ambiente externo, referentes aos modelos com cortinas fechadas, sendo: Barro – telhas de barro; Ond. – fibra vegetal e betume; T.P. – Tetra Pak; T.P.D. – tubo pasta de dente; Al. e B. – Reiplac aluminizada na face superior e branca na inferior; Al. e N. – Reiplac aluminizada na face superior e neutra na inferior; Barro Sc. – telhas de barro com subcobertura; Ond. Sc. – fibra vegetal e betume com subcobertura; T.P. Sc. – Tetra Pak com subcobertura; T.P.D. Sc. – tubos de pasta de dente com subcobertura; Al. e B. Sc. – Reiplac aluminizada em cima e branca por baixo com subcobertura; e Al. e N. Sc. – Reiplac aluminizada em cima e neutra por baixo, com subcobertura

Horas	A. Ext.	Barro	Ond.	T. P. D.	T.P.	Al. e B.	Al. e N.	Barro Sc.	Ond. Sc.	T. P. D. Sc.	T.P. Sc.	Al. e B. Sc.	Al. e N.Sc.
Sistema 1 – Sem manta								Sistema 2 – Com manta					
0	399,6	413,1 a A	409,9 a A	409,5 a A	409,2 a A	413,1 a A	409,7 a A	414,3 a A	413,4 a A	414,3 a A	413,9 a A	412,7 a A	412,9 a A
2	393,4	410,6 a A	408,3 a A	408,2 a A	408,0 a A	412,2 a A	407,6 a A	412,4 a A	412,4 a A	412,7 a A	412,0 a A	410,2 a A	411,3 a A
4	390,0	408,7 a A	405,5 a A	405,8 a A	405,5 a A	409,4 a A	405,4 a A	410,5 a A	409,6 a A	409,2 a A	410,1 a A	409,0 a A	409,1 a A
6	396,7	411,2 a A	407,4 a A	408,9 a A	410,5 a A	414,4 a A	411,0 a A	414,3 a A	410,9 a A	413,0 a A	413,2 a A	414,0 a A	414,8 a A
8	510,6	436,5 a A	441,8 a A	439,4 a A	442,5 a A	444,7 a A	439,7 a A	438,4 a A	438,8 a A	441,2 a A	436,0 a A	440,9 a A	443,0 a A
10	617,8	451,6 a A	468,5b A	458,0 a A	459,9 a A	466,5b A	461,9b A	454,9 a A	460,3 a B	458,4 a A	455,9 a A	460,3 a A	464,8 b A
12	708,3	468,6 a A	487,0b A	476,8 a A	478,7b A	484,1b A	478,6b A	466,3 a A	471,8 a B	473,6 a A	473,1 a A	475,5 a B	478,6 b A
14	811,7	482,6 a A	510,1b A	493,3b A	495,3b A	494,7b A	489,8 a A	476,5 a A	488,1 a B	489,2 a A	487,2 a B	480,7 a B	486,8 a A
16	757,4	481,1 a A	500,0b A	488,8 a A	489,3 a A	491,7b A	485,4 a A	475,0 a A	487,4 a B	487,7 a A	485,8 a A	481,4 a B	485,3 a A
18	478,5	447,5 a A	451,5 a A	449,0 a A	448,7 a A	450,2 a A	443,7 a A	447,3 a A	454,0 a A	453,6 a A	451,1 a A	447,7 a A	446,5 a A
20	395,1	422,1 a A	418,4 a A	418,0 a A	416,5 a A	422,1 a A	417,6 a A	423,2 a A	422,6 a A	423,2 a A	422,8 a A	421,7 a A	421,5 a A
22	390,4	416,3 a A	412,7 a A	413,2 a A	412,7 a A	416,3 a A	412,9 a A	417,4 a A	417,8 a A	417,4 a A	417,1 a A	416,9 a A	416,7 a A
24	399,6	413,1 a A	409,9 a A	409,5 a A	409,2 a A	413,1 a A	409,7 a A	414,3 a A	413,4 a A	414,3 a A	413,9 a A	412,7 a A	412,9 a A

Comparação com a telha padrão - As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

Comparação do efeito subcobertura - As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Tabela 17 – Equações ajustadas para valores da carga térmica radiante (CTR), em função dos horários (H) de observação, para o nível das aves e no ambiente externo, com os respectivos coeficientes de determinação (R^2), referentes aos modelos com cortinas fechadas

Coberturas	Equações									R^2
A. Ext.	$\hat{Y} = 447,743$	$-113,97^*$	H	$+28,8690^*$	H^2	$-1,9019^*$	H^3	$+0,0372^*$	H^4	0,77
Barro	$\hat{Y} = 420,282$	$-18,54^*$	H	$+4,6133^*$	H^2	$-0,2918^*$	H^3	$+0,0055^*$	H^4	0,87
Ond.	$\hat{Y} = 420,598$	$-26,40^*$	H	$+6,6588^*$	H^2	$-0,4283^*$	H^3	$+0,0081^*$	H^4	0,86
T.P.D.	$\hat{Y} = 418,202$	$-21,63^*$	H	$+5,4961^*$	H^2	$-0,3521^*$	H^3	$+0,0068$	H^4	0,87
T.P.	$\hat{Y} = 417,796$	$-21,76^*$	H	$+5,6292^*$	H^2	$-0,3640^*$	H^3	$+0,0069^*$	H^4	0,88
Al. e B.	$\hat{Y} = 421,489$	$-21,45^*$	H	$+5,5814^*$	H^2	$-0,3625^*$	H^3	$+0,0069^*$	H^4	0,89
Al. e N	$\hat{Y} = 417,661$	$-21,36^*$	H	$+5,5485^*$	H^2	$-0,3613^*$	H^3	$+0,0069^*$	H^4	0,89
Barro Sc.	$\hat{Y} = 420,214$	$-16,17^*$	H	$+4,1592^*$	H^2	$-0,2663^*$	H^3	$+0,0050^*$	H^4	0,91
Ond. Sc.	$\hat{Y} = 421,374$	$-19,55^*$	H	$+4,8955^*$	H^2	$-0,3093^*$	H^3	$+0,0058^*$	H^4	0,87
T.P.D. Sc.	$\hat{Y} = 422,055$	$-19,77^*$	H	$+4,9647^*$	H^2	$-0,315^*$	H^3	$+0,0059^*$	H^4	0,88
T.P. Sc.	$\hat{Y} = 421,744$	$-19,46^*$	H	$+4,8446^*$	H^2	$-0,3064^*$	H^3	$+0,0057^*$	H^4	0,87
Al. e B. Sc.	$\hat{Y} = 419,174$	$-18,24^*$	H	$+4,7764^*$	H^2	$-0,3096^*$	H^3	$+0,0059^*$	H^4	0,91
Al. e N. Sc.	$\hat{Y} = 420,058$	$-19,56^*$	H	$+5,1544^*$	H^2	$-0,3367^*$	H^3	$+0,0065^*$	H^4	0,90

* Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste "t".

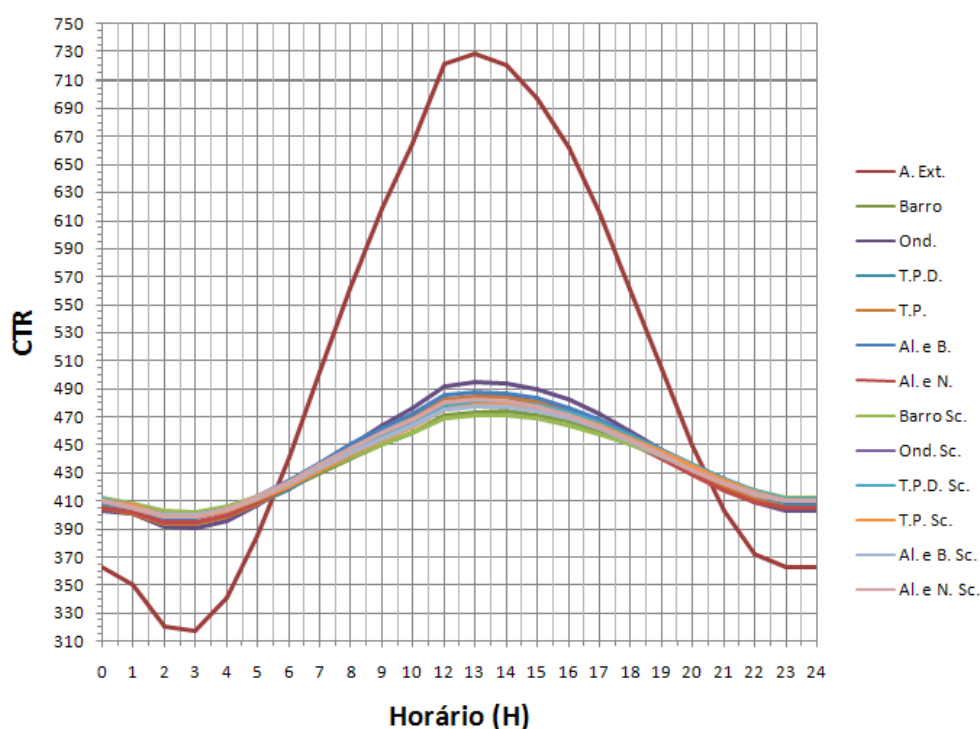


Gráfico 6 – Representação dos valores estimados do índice de carga térmica radiante (CTR), em função dos horários, para cada tipo de cobertura, ao nível das aves, e do ambiente externo, referente aos modelos com cortinas fechadas.

Dando continuidade à análise, da mesma forma como para cortinas abertas, considerando os horários de maior incidência radiante solar de 10:00 às 16:00 horas, pode-se se verificar, na Tabela 16, que todos os tipos de cobertura, em condições de cortinas fechadas, que possuíam manta isolante subcobertura possibilitaram valores estatisticamente iguais de carga térmica radiante, quando comparado às telhas de barro (teste Dunnett), com exceção da instalação com cobertura Al. e N. Sc. – Reciplac aluminizada em cima e neutra por baixo, com subcobertura, às 10:00 e 12:00 horas, que permitiram maiores valores, relativamente. Entre 10:00 às 16:00 horas, todas as coberturas que eram compostas apenas por telhas possibilitaram, em todo o período considerado ou em parte dele, valores maiores de carga térmica radiante (CTR) quando comparado com a cobertura com telhas de barro, demonstrando, neste caso, a importância da utilização da manta subcobertura.

O Gráfico 6 mostra a homogeneidade dos valores estimados do índice de carga térmica radiante (CTR), ao longo do dia, entre todos os tipos de cobertura ao nível das aves com as cortinas fechadas, porém com diferenças mais amplificadas entre as diversas instalações, quando comparado com cortinas abertas. Observa-se que, no período quente do dia, os menores valores de carga térmica estiveram associados à cobertura de barro. Mostra também a capacidade das instalações em atenuar a carga térmica radiante exterior sobre os animais nos períodos críticos do dia. Próximo às 13:00 horas, por exemplo, a redução ou amortecimento da carga térmica radiante chega a ser de 31 a 41%, dependendo do tipo de cobertura.

4.2.2. Ambiente térmico ao nível dos bovinos

O resumo da análise de variância da carga térmica radiante (CTR), ao nível dos bovinos, referente ao efeito dos diversos tipos de cobertura e manejo da cortina, é apresentado na Tabela 18.

Na Tabela 19 estão relacionados os valores médios da carga térmica radiante, em função dos horários, para o ambiente interno ao nível dos bovinos, das diversas instalações com respectivas coberturas, e do ambiente externo, com cortinas abertas.

Com base nos valores médios da CTR, foram ajustadas as equações de regressão em função dos horários, correspondentes a cada tipo de instalação e ao meio externo, as quais estão relacionadas na Tabela 20.

No Gráfico 7 estão representados os valores estimados do índice de carga térmica radiante (CTR), em função dos horários, para as diversas coberturas e cortinas abertas, e do ambiente externo, de acordo com as equações de regressão.

Tabela 18 – Resumo da análise de variância da carga térmica radiante (CTR), ao nível dos bovinos, referente aos modelos com diferentes coberturas e com cortinas abertas e cortinas fechadas.

Fontes de Variação	GL	Q.M.	GL	Q.M.
		CTR – cortinas abertas	CTR – cortinas fechadas	
Total	1091		467	
Total de Redução	227	2509,171*	179	2413,224*
Dias (blocos)	6	1130,613*	2	223,4082**
Telhas (TE)	5	39,09467**	5	179,1822**
Sistema (S)	1	579,3326*	1	30,85542 ^{ns}
S*TE	5	101,6629*	5	102,2664***
**ERRO (A)	66	14,893270	22	62,16957
Horário (H)	12	46221,03*	12	35.106,6680
H*TE	60	73,38379*	60	67,03208*
H*S	12	26,46152 ^{ns}	12	146,4878*
H*S*TE	60	19,31881 ^{ns}	60	27,57741 ^{ns}
Resíduo	864	33,399960	288	40,901650
C.V. (%)		1,3462		1,46

* Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste “F”;

** Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste “F”;

*** Não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste “F”;

^{ns} Não significativo, pelo teste “F”.

Tabela 19 - Valores médios da carga térmica radiante (CTR) ao nível dos bovinos e do ambiente externo, referentes aos modelos com cortinas abertas, sendo: Barro – telhas de barro; Ond. – fibra vegetal e betume; T.P. – Tetra Pak; T.P.D. – tubo pasta de dente; Al. e B. – Reciplac aluminizada na face superior e branca na inferior; Al. e N. – Reciplac aluminizada na face superior e neutra na inferior; Barro Sc. – telhas de barro com subcobertura; Ond. Sc. – fibra vegetal e betume com subcobertura; T.P. Sc. – Tetra Pak com subcobertura; T.P.D. Sc. – tubos de pasta de dente com subcobertura; Al. e B. Sc. – Reciplac aluminizada em cima e branca por baixo com subcobertura; e Al. e N. Sc. – Reciplac aluminizada em cima e neutra por baixo, com subcobertura

Horas	A. Ext.	Barro	Ond.	T. P. D.	T.P.	Al. e B.	Al. e N.	Barro Sc.	Ond. Sc.	T. P. D. Sc.	T.P. Sc.	Al. e B. Sc.	Al. e N.Sc.
Sistema 1 – Sem manta								Sistema 2 – Com manta					
0	394,5	407,9 a A	407,9 a A	405,8 a A	406,9 a A	407,1 a A	406,0 a A	410,1 a A	409,7 a A	410,0 a A	406,7 a A	408,7 a A	407,6 a A
2	389,7	406,3 a A	405,4 a A	402,5 a A	404,0 a A	404,2 a A	402,6 a A	407,1 a A	405,9 a A	405,4 a A	406,5 a A	405,8 a A	404,3 a A
4	385,3	403,3 a A	401,9 a A	401,5 a A	401,0 a A	401,6 a A	400,5 a A	403,9 a A	404,0 a A	403,7 a A	403,8 a A	403,3 a A	402,7 a A
6	410,0	413,1 a A	408,2 a A	410,6 a A	410,7 a A	417,4 a A	416,4 a A	416,9 a A	409,0 a A	412,3 a A	415,1 a A	418,6 a A	421,1 b A
8	634,5	429,2 a A	433,7 a A	431,9 a A	433,4 a A	426,6 a A	431,8 a A	434,6 a A	433,1 a A	433,2 a A	432,5 a A	434,2 a B	435,8 a A
10	647,8	445,9 a A	447,4 a A	449,6 a A	452,6 a A	453,2 a A	448,5 a A	451,8 a A	447,3 a A	454,0 b A	450,9 a A	452,4 a A	453,0 a A
12	714,2	453,9 a A	454,4 a A	460,7 a A	463,4b A	463,3 b A	457,8 a A	457,8 a A	457,4 a A	458,6 a A	460,3 a A	458,7 a A	461,5 a A
14	789,4	457,1 a A	471,2b A	464,9b A	465,4b A	468,5 b A	463,6 a A	461,8 a A	465,4 b A	464,1 a A	461,6 a A	464,1 a A	466,8 b A
16	726,4	458,2 a A	467,3b A	462,2 a A	464,5 a A	462,7 a A	455,9 a A	461,0 a A	464,1 a A	462,7 a A	463,8 a A	461,8 a A	462,6 a B
18	570,4	440,4 a A	448,1b A	444,2 a A	442,1 a A	439,9 a A	432,2 b A	442,4 a A	441,4 a B	448,0 a A	442,5 a A	437,7 a A	436,8 a A
20	394,0	419,6 a A	419,0 a A	416,9 a A	417,2 a A	418,8 a A	416,1 a A	420,4 a A	420,1 a A	420,3 a A	420,6 a A	418,7 a A	418,7 a A
22	394,4	412,6 a A	412,7 a A	411,4 a A	411,8 a A	412,3 a A	410,0 a A	414,8 a A	414,1 a A	414,1 a A	414,0 a A	412,7 a A	412,3 a A
24	394,5	407,9 a A	407,9 a A	405,8 a A	406,9 a A	407,1 a A	406,0 a A	410,1 a A	409,7 a A	410,0 a A	406,7 a A	408,7 a A	407,6 a A

Comparação com a telha padrão - As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

Comparação do efeito subcobertura - As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Tabela 20 – Equações ajustadas para valores da carga térmica radiante (CTR), em função dos horários (H) de observação, para o nível das bovinos e no ambiente externo, com os respectivos coeficientes de determinação (R^2), referentes aos modelos com cortinas abertas

Coberturas	Equações									R^2
A. Ext.	$\hat{Y} = 426,503$	$-93,335^*$	H	$+26,2836^*$	H^2	$-1,7797^*$	H^3	$+0,0352^*$	H^4	0,88
Barro	$\hat{Y} = 411,874$	$-12,256^*$	H	$+3,2953^*$	H^2	$-0,2129^*$	H^3	$+0,0040^*$	H^4	0,95
Ond.	$\hat{Y} = 413,206$	$-15,466^*$	H	$+3,9449^*$	H^2	$-0,2489^*$	H^3	$+0,0046^*$	H^4	0,91
T.P.D.	$\hat{Y} = 410,185$	$-14,645^*$	H	$+3,9522^*$	H^2	$-0,2566^*$	H^3	$+0,0049^*$	H^4	0,95
T.P.	$\hat{Y} = 411,627$	$-15,585^*$	H	$+4,1753^*$	H^2	$-0,2723^*$	H^3	$+0,0052^*$	H^4	0,95
Al. e B.	$\hat{Y} = 411,732$	$-14,933^*$	H	$+4,0420^*$	H^2	$-0,2643^*$	H^3	$+0,0051^*$	H^4	0,94
Al. e N	$\hat{Y} = 409,395$	$-13,380^*$	H	$+3,7880^*$	H^2	$-0,2536^*$	H^3	$+0,0050^*$	H^4	0,96
Barro Sc.	$\hat{Y} = 413,562$	$-12,938^*$	H	$+3,5537^*$	H^2	$-0,2330^*$	H^3	$+0,0045^*$	H^4	0,96
Ond. Sc.	$\hat{Y} = 414,362$	$-15,078^*$	H	$+3,8709^*$	H^2	$-0,2478^*$	H^3	$+0,0047^*$	H^4	0,93
T.P.D. Sc.	$\hat{Y} = 413,815$	$-14,466^*$	H	$+3,8161^*$	H^2	$-0,2455^*$	H^3	$+0,0046^*$	H^4	0,95
T.P. Sc.	$\hat{Y} = 410,993$	$-12,509^*$	H	$+3,5148^*$	H^2	$-0,2300^*$	H^3	$+0,0044^*$	H^4	0,95
Al. e B. Sc.	$\hat{Y} = 412,200$	$-13,161^*$	H	$+3,7086^*$	H^2	$-0,2467^*$	H^3	$+0,0048^*$	H^4	0,96
Al. e N. Sc.	$\hat{Y} = 410,790$	$-13,012^*$	H	$+3,7885^*$	H^2	$-0,2544^*$	H^3	$+0,0050^*$	H^4	0,96

* Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste "t".

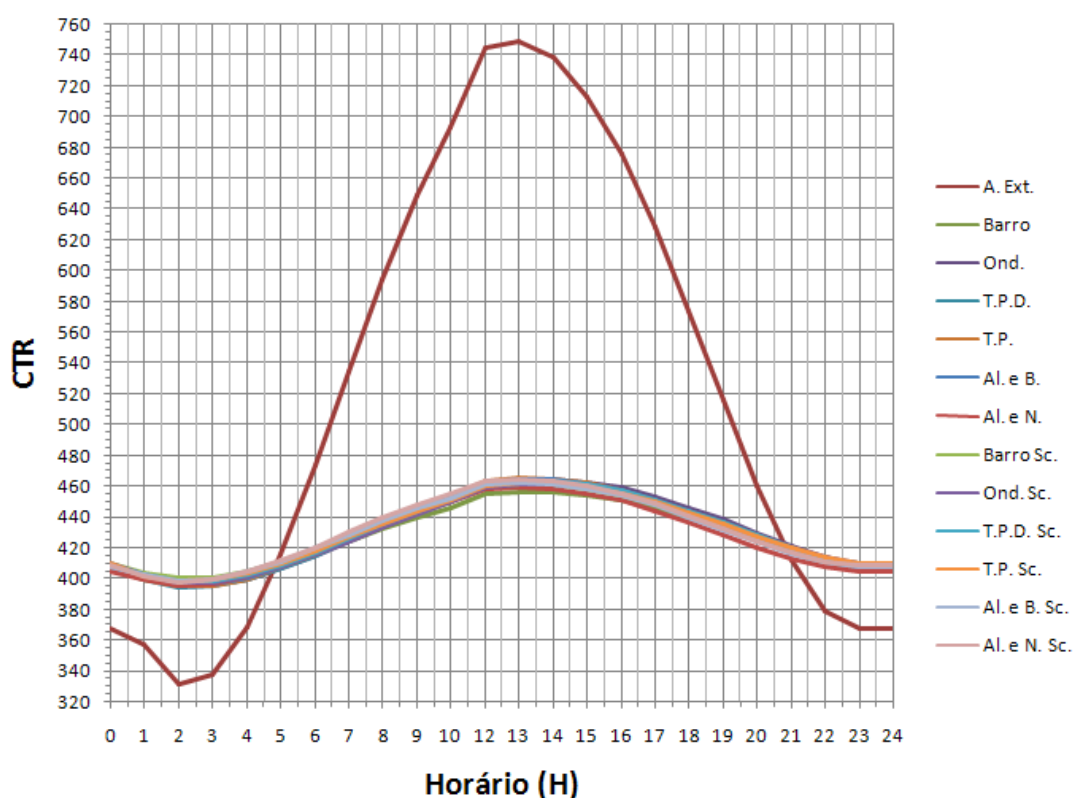


Gráfico 7 – Representação dos valores estimados do índice de carga térmica radiante (CTR), em função dos horários, para cada tipo de cobertura, ao nível dos bovinos, e do ambiente externo, referente aos modelos com cortinas abertas.

Dando continuidade aos estudos da carga térmica radiante ao nível dos bovinos com as cortinas das instalações abertas, considerando os horários de maior incidência radiante solar, de 10:00 às 16:00 horas, pode-se verificar na Tabela 19 que, de 44 observações consideradas, 34 foram estatisticamente iguais ao padrão cobertura de barro, e somente 10 observações apresentaram valores de carga térmica radiante estatisticamente maiores que o padrão. Entre as coberturas que se comportaram iguais estatisticamente ao padrão (teste Dunnett), no período considerado, estão Al. e N. – Reciplac aluminizada na face superior e neutra na inferior; Barro Sc. – telhas de barro com subcobertura; T.P. Sc. – Tetra Pak com subcobertura e Al. e B. Sc. – Reciplac aluminizada em cima e branca por baixo com subcobertura. Vale ressaltar que, tomando como base a cobertura de barro, para todos os horários de medições, Tabela 19, a presença da manta isolante subcobertura não foi capaz de, estatisticamente, promover redução na carga térmica radiante no ambiente dos bovinos, sendo exceção apenas para a cobertura Ond. Sc. – fibra vegetal e betume com subcobertura, às 18:00 horas.

O Gráfico 7 mostra mais uma vez a homogeneidade dos valores estimados do índice de carga térmica radiante (CTR), ao longo do dia, entre todos os tipos de cobertura ao nível dos bovinos, quando as instalações estavam com as cortinas abertas. Mostra também a capacidade das instalações em atenuar a carga térmica radiante exterior sobre os animais nos períodos críticos do dia. Próximo às 13:00 horas, por exemplo, a redução ou amortecimento da carga térmica radiante chega a ser de 35 a 41%, dependendo do tipo de cobertura.

A seguir serão apresentados os resultados da carga térmica radiante (CTR), para o nível dos bovinos, correspondentes às instalações fechadas

Na Tabela 21 estão relacionados os valores médios da carga térmica radiante, em função dos horários, para o ambiente interno ao nível dos bovinos, das diversas instalações com respectivas coberturas, e do ambiente externo, com cortinas fechadas.

Com base nos valores médios da CTR, foram ajustadas as equações de regressão em função dos horários, correspondentes a cada tipo de instalação e ao meio externo, as quais estão relacionadas na Tabela 22.

No Gráfico 8 estão representados os valores estimados do índice de carga térmica radiante (CTR), em função dos horários, ao nível dos bovinos, para as diversas coberturas e cortinas fechadas, e do ambiente externo, de acordo com as equações de regressão.

Tabela 21 - Valores médios da carga térmica radiante (CTR) ao nível dos bovinos e do ambiente externo, referentes aos modelos com cortinas fechadas, sendo: Barro – telhas de barro; Ond. – fibra vegetal e betume; T.P. – Tetra Pak; T.P.D. – tubo pasta de dente; Al. e B. – Reiplac aluminizada na face superior e branca na inferior; Al. e N. – Reiplac aluminizada na face superior e neutra na inferior; Barro Sc. – telhas de barro com subcobertura; Ond. Sc. – fibra vegetal e betume com subcobertura; T.P. Sc. – Tetra Pak com subcobertura; T.P.D. Sc. – tubos de pasta de dente com subcobertura; Al. e B. Sc. – Reiplac aluminizada em cima e branca por baixo com subcobertura; e Al. e N. Sc. – Reiplac aluminizada em cima e neutra por baixo, com subcobertura

Horas	A. Ext.	Barro	Ond.	T. P. D.	T.P.	Al. e B.	Al. e N.	Barro Sc.	Ond. Sc.	T. P. D. Sc.	T.P. Sc.	Al. e B. Sc.	Al. e N.Sc.
Sistema 1 – Sem manta								Sistema 2 – Com manta					
0	399,6	413,1 a A	409,9 a A	408,9 a A	408,6 a A	410,0 a A	409,7 a A	414,3 a A	413,4 a A	413,6 a A	413,9 a A	412,7 a A	412,2 a A
2	393,4	410,3 a A	408,6 a A	408,2 a A	407,1 a A	408,7 a A	407,6 a A	411,7 a A	411,8 a A	412,0 a A	412,0a A	411,5 a A	410,7 a A
4	390,0	408,1 a A	406,1 a A	405,1 a A	405,5 a A	406,3 a A	405,4 a A	409,9 a A	409,6 a A	409,2 a A	409,5 a A	409,0 a A	408,5 a A
6	396,7	411,2 a A	407,4 a A	408,9 a A	409,2 a A	411,9 a A	411,6 a A	413,0 a A	410,9 a A	412,4 a A	413,2 a A	415,3 a A	414,8 a A
8	510,6	435,2 a A	442,5 a A	439,4 a A	441,1 a A	443,3 a A	440,3 a A	437,8 a A	438,8 a A	440,5 a A	436,0 a A	441,5 a A	442,4 a A
10	617,8	451,6 a A	469,9b A	458,0 a A	458,4 a A	463,6b A	461,9 a A	453,5 a A	460,3 a A	458,4 a A	455,9 a A	461,0 a A	464,8 b A
12	708,3	468,6 a A	489,3b A	476,8 a A	479,5 a A	481,8b A	479,3 a A	465,6 a A	472,5 a B	472,8 a A	473,1 a A	476,2 a A	478,6 a A
14	811,7	486,3 a A	510,9b A	493,3 a A	493,8 a A	494,7 a A	489,8 a A	477,2 a A	490,4 a B	489,2 a A	487,2 a A	482,9 a B	487,5 a A
16	757,4	482,6 a A	501,6b A	489,6 a A	489,3 a A	490,2 a A	486,1 a A	476,5 a A	488,1 a B	487,7 a A	485,0 a A	483,7 a A	485,3 a A
18	478,5	448,8 a A	452,2 a A	449,7 a A	446,6 a A	447,5 a A	443,7 a A	446,6 a A	454,0 a A	453,6 a A	450,4 a A	448,4 a A	446,5 a A
20	395,1	422,1 a A	418,4 a A	418,0 a A	437,8b A	420,1 a A	417,6 a A	423,2 a A	422,6 a A	423,2 a A	421,9 a B	421,7 a A	421,5 a A
22	390,4	416,3 a A	412,7 a A	412,3 a A	432,1b A	413,4 a A	412,9 a A	417,4 a A	417,8 a A	417,4 a A	417,1 a B	416,9 a A	416,7 a A
24	399,6	413,1 a A	409,9 a A	408,9 a A	408,6 a A	410,0 a A	409,7 a A	414,3 a A	413,4a A	413,6 a A	413,9 a A	412,7 a A	412,2 a A

Comparação com a telha padrão - As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

Comparação do efeito subcobertura - As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Tabela 22 – Equações ajustadas para valores da carga térmica radiante (CTR), em função dos horários (H) de observação, para o nível dos bovinos e no ambiente externo, com os respectivos coeficientes de determinação (R^2), referentes aos modelos com cortinas fechadas

Coberturas	Equações									R^2
A. Ext.	$\hat{Y} = 447,743$	$-113,97^*$	H	$+28,8690^*$	H^2	$-1,9019^*$	H^3	$+0,0372^*$	H^4	0,77
Barro	$\hat{Y} = 420,671$	$-19,375^*$	H	$+4,7672^*$	H^2	$-0,3000^*$	H^3	$+0,0056^*$	H^4	0,87
Ond.	$\hat{Y} = 420,819$	$-26,670^*$	H	$+6,7477^*$	H^2	$-0,4346^*$	H^3	$+0,0083^*$	H^4	0,86
T.P.D.	$\hat{Y} = 417,724$	$-21,558^*$	H	$+5,4885^*$	H^2	$-0,3511^*$	H^3	$+0,0066^*$	H^4	0,87
T.P.	$\hat{Y} = 415,560$	$-18,928^*$	H	$+4,9514^*$	H^2	$-0,3159^*$	H^3	$+0,0060^*$	H^4	0,88
Al. e B.	$\hat{Y} = 418,276$	$-21,575^*$	H	$+5,6365^*$	H^2	$-0,3659^*$	H^3	$+0,0070^*$	H^4	0,89
Al. e N	$\hat{Y} = 417,605$	$-21,307^*$	H	$+5,5563^*$	H^2	$-0,3623^*$	H^3	$+0,0070^*$	H^4	0,89
Barro Sc.	$\hat{Y} = 420,381$	$-16,772^*$	H	$+4,2462^*$	H^2	$-0,2704^*$	H^3	$+0,0051^*$	H^4	0,90
Ond. Sc.	$\hat{Y} = 421,440$	$-20,030^*$	H	$+5,0069^*$	H^2	$-0,3164^*$	H^3	$+0,0059^*$	H^4	0,87
T.P.D. Sc.	$\hat{Y} = 421,387$	$-19,576^*$	H	$+4,9217^*$	H^2	$-0,3117^*$	H^3	$+0,0058^*$	H^4	0,88
T.P. Sc.	$\hat{Y} = 421,778$	$-19,681^*$	H	$+4,8994^*$	H^2	$-0,3106^*$	H^3	$+0,0058^*$	H^4	0,87
Al. e B. Sc.	$\hat{Y} = 419,604$	$-18,353^*$	H	$+4,8201^*$	H^2	$-0,3125^*$	H^3	$+0,0060^*$	H^4	0,91
Al. e N. Sc.	$\hat{Y} = 419,419$	$-19,556^*$	H	$+5,1627^*$	H^2	$-0,3369^*$	H^3	$+0,0065^*$	H^4	0,90

* Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste "t".

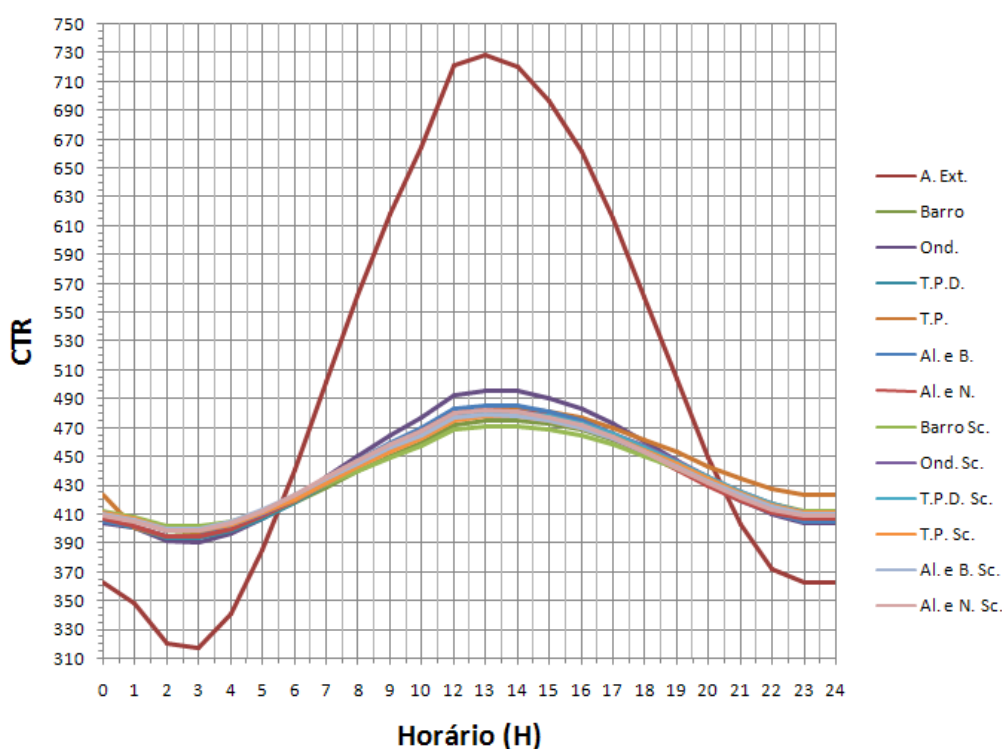


Gráfico 8 – Representação dos valores estimados do índice de carga térmica radiante (CTR), em função dos horários, para cada tipo de cobertura, ao nível dos bovinos, e do ambiente externo, referente aos modelos com cortinas fechadas.

Em relação à carga térmica radiante ao nível dos bovinos, com as cortinas das instalações fechadas, considerando os horários de maior incidência radiante solar, de 10:00 às 16:00 horas, pode-se verificar na Tabela 21 que, de 44 observações consideradas, 37 foram estatisticamente iguais ao padrão cobertura de barro, e somente 7 observações apresentaram valores de carga térmica radiante estatisticamente maiores que o padrão. Entre as coberturas que se comportaram diferentes estatisticamente com relação ao padrão (teste Dunnett), possibilitando maiores valores de carga térmica radiante no período considerado, estão Ond. – fibra vegetal e betume, de 10:00 às 16:00 horas; Al. e B. – Reciplac aluminizada na face superior e branca na inferior, 10:00 e 12:00 horas; e Al. e N. Sc. – Reciplac aluminizada em cima e neutra por baixo, com subcobertura, às 10:00 horas.

Vale ressaltar que, tomando como base a cobertura de barro, para todos os horários de medições, Tabela 21, a presença da manta isolante subcobertura não foi capaz de, estatisticamente, promover redução na carga térmica radiante no ambiente dos bovinos, sendo exceção apenas para a cobertura Ond. Sc. – fibra vegetal e betume com subcobertura, das 12:00 às 16:00 horas, e Al. e B. Sc. – Reciplac aluminizada em cima e branca por baixo, com subcobertura, às 14:00 horas.

O Gráfico 8 mostra mais uma vez a homogeneidade dos valores estimados do índice de carga térmica radiante (CTR), ao longo do dia, entre todos os tipos de cobertura ao nível dos bovinos, quando as instalações estavam com as cortinas fechadas, contudo mostra uma amplificação das diferenças entre comportamento das coberturas e os menores valores associados à cobertura de barro. Mostra também a capacidade das instalações em atenuar a carga térmica radiante exterior sobre os animais nos períodos críticos do dia. Próximo às 13:00 horas, por exemplo, a redução ou amortecimento da carga térmica radiante chega a ser de 31 a 41%, dependendo do tipo de cobertura.

4.3. Efetividade Térmica (Et)

Com base nos resultados de carga térmica radiante e empregando-se a Equação (6), determinou-se a efetividade térmica das coberturas em estudo, em comparação ao desempenho da cobertura com telha cerâmica ou de barro. Na Tabela 23 são apresentados os valores médios da Efetividade Térmica (Et) para os

diversos tipos de cobertura, ao nível das aves, referente aos modelos com cortinas abertas, e a Tabela 24 os valores relativos ao nível dos bovinos.

Tabela 23 - Valores médios da Efetividade Térmica (Et), ao nível das aves, referente aos modelos com cortinas abertas, sendo: Barro – telhas de barro; Ond. – fibra vegetal e betume; T.P. – Tetra Pak; T.P.D. – tubo pasta de dente; Al. e B. – Reциplac aluminizada na face superior e branca na inferior; Al. e N. – Reциplac aluminizada na face superior e neutra na inferior; Barro Sc. – telhas de barro com subcobertura; Ond. Sc. – fibra vegetal e betume com subcobertura; T.P. Sc. – Tetra Pak com subcobertura; T.P.D. Sc. – tubos de pasta de dente com subcobertura; Al. e B. Sc. – Reциplac aluminizada em cima e branca por baixo com subcobertura; e Al. e N. Sc. – Reциplac aluminizada em cima e neutra por baixo, com subcobertura.

Horas	Barro	Ond.	T.P.D.	T.P.	Al. e B.	Al. e N.	Barro Sc.	Ond. Sc.	T.P.D. Sc.	T.P. Sc.	Al. e B. Sc.	Al. e N. Sc.
0	1,00	1,09	0,98	1,06	1,06	1,17	1,24	1,62	1,32	1,25	1,23	1,07
2	1,00	0,95	0,80	0,88	1,05	0,99	1,15	1,28	1,07	1,19	1,10	0,95
4	1,00	0,97	0,96	0,94	0,98	0,98	1,11	1,28	1,06	1,16	1,09	0,98
6	1,00	0,98	1,00	1,00	0,96	0,96	0,97	1,02	1,00	0,98	0,96	0,95
8	1,00	0,98	0,97	0,96	0,95	0,95	0,95	0,95	0,97	0,97	0,95	0,95
10	1,00	0,82	0,87	0,73	0,85	0,89	0,89	0,94	0,98	1,02	0,86	0,81
12	1,00	0,97	0,97	0,95	0,97	0,96	0,98	0,97	0,98	0,96	0,97	0,96
14	1,00	0,96	0,97	0,97	0,96	0,96	0,98	0,96	0,98	0,97	0,97	0,96
16	1,00	0,97	0,97	0,96	0,98	0,98	0,98	0,96	0,97	0,96	0,97	0,97
18	1,00	0,94	0,95	0,95	0,99	1,03	0,98	0,94	0,93	0,94	0,99	1,00
20	1,00	1,07	0,99	1,05	1,04	1,05	1,11	1,18	1,13	1,16	1,11	1,07
22	1,00	1,06	1,04	1,05	1,06	1,05	1,15	1,26	1,08	1,22	1,14	1,02
24	1,00	1,09	0,98	1,06	1,06	1,17	1,24	1,62	1,32	1,25	1,23	1,07

Tabela 24 - Valores médios da Efetividade Térmica (Et), ao nível dos bovinos, referente aos modelos com cortinas abertas, sendo: Barro – telhas de barro; Ond. – fibra vegetal e betume; T.P. – Tetra Pak; T.P.D. – tubo pasta de dente; Al. e B. – Reциplac aluminizada na face superior e branca na inferior; Al. e N. – Reциplac aluminizada na face superior e neutra na inferior; Barro Sc. – telhas de barro com subcobertura; Ond. Sc. – fibra vegetal e betume com subcobertura; T.P. Sc. – Tetra Pak com subcobertura; T.P.D. Sc. – tubos de pasta de dente com subcobertura; Al. e B. Sc. – Reциplac aluminizada em cima e branca

por baixo com subcobertura; e Al. e N. Sc. – Reciplac aluminizada em cima e neutra por baixo, com subcobertura.

Horas	Barro	Ond.	T.P.D.	T.P.	Al. e B.	Al. e N.	Barro Sc.	Ond. Sc.	T.P.D. Sc.	T.P. Sc.	Al. e B. Sc.	Al. e N. Sc.
0	1,00	1,01	0,82	0,93	0,92	0,84	1,20	1,19	1,18	0,98	1,06	0,99
2	1,00	0,92	0,71	0,82	0,85	0,83	1,09	0,96	0,90	1,03	0,95	0,84
4	1,00	0,91	0,89	0,87	0,90	0,82	1,03	1,04	1,02	1,02	1,00	0,95
6	1,00	1,03	1,01	1,01	0,98	0,98	0,98	1,02	1,00	0,99	0,97	0,96
8	1,00	0,97	0,98	0,97	1,06	0,98	0,97	0,98	0,97	0,98	0,97	0,97
10	1,00	0,96	0,93	0,82	0,81	0,95	0,84	0,94	0,98	0,98	0,82	0,81
12	1,00	0,97	0,97	0,96	0,96	0,98	0,98	0,99	0,98	0,97	0,98	0,97
14	1,00	0,96	0,98	0,98	0,96	0,98	0,99	0,98	0,98	0,99	0,98	0,97
16	1,00	0,97	0,99	0,98	0,98	1,01	0,99	0,98	0,98	0,98	0,99	0,98
18	1,00	0,93	0,96	0,98	0,99	1,08	0,98	0,97	0,93	0,99	1,02	1,03
20	1,00	0,99	0,90	0,91	1,00	0,86	1,06	1,03	1,07	1,05	0,96	0,99
22	1,00	1,01	0,94	0,96	0,99	0,85	1,13	1,08	1,10	1,08	1,01	0,99
24	1,00	1,01	0,82	0,93	0,92	0,84	1,20	1,19	1,18	0,98	1,06	0,99

De acordo com a Equação (6), as coberturas que apresentam o mesmo desempenho térmico em relação à de barro, apresentam efetividade térmica igual a 1, coberturas com melhor desempenho maior que 1 e pior menor que 1, sendo que estas informações são mais importantes principalmente nas horas do dia com maior incidência radiante solar sobre as edificações, por exemplo, entre 10:00 e 16:00 horas.

Como se pode verificar na Tabelas 23, considerando os horários mencionados, em geral todas as coberturas apresentaram desempenho ligeiramente inferior à cobertura de barro ao nível das aves, com pequenas diferenças entre uma e outra. Pode-se verificar ainda que o mesmo se repetiu ao nível dos bovinos, Tabela 24, e que a inclusão da manta isolante sub cobertura não contribuiu sobremaneira para melhorar as condições térmicas no interior destas instalações com cortinas abertas.

Salienta-se, ainda, que se esperava melhor desempenho das telhas alternativas com acabamento aluminizante, pois possuem superfícies com alto poder reflexivo na face exterior, mas as expectativas não se confirmaram e, ainda, observou-se durante o experimento que a película de alumínio utilizada se desprendia com facilidade do corpo da telha, persistindo, com isso, avaliar questões de durabilidade dessas telhas.

4.4. Custos dos telhados

Objetivando auxiliar a tomada de decisão na escolha entre tipos de cobertura, elaborou-se a Tabela 25, vide também Tabelas A1 a A6 do Apêndice, com as diferenças estimadas de custos das coberturas, onde são considerados gastos com materiais e mão-de-obra, em relação ao telhado com cobertura de barro.

Tabela 25 – Diferenças de custos dos telhados, envolvendo material e mão-de-obra, das diversas coberturas em estudo em relação ao telhado de telhas de barro, sendo: Barro – telhas de barro; Ond. – fibra vegetal e betume; T.P. – Tetra Pak; T.P.D. – tubo pasta de dente; Al. e B. – Reciplac aluminizada na face superior e branca na inferior; Al. e N. – Reciplac aluminizada na face superior e neutra na inferior; Barro Sc. – telhas de barro com subcobertura; Ond. Sc. – fibra vegetal e betume com subcobertura; T.P. Sc. – Tetra Pak com subcobertura; T.P.D. Sc. – tubos de pasta de dente com subcobertura; Al. e B. Sc. – Reciplac aluminizada em cima e branca por baixo com subcobertura; e Al. e N. Sc. – Reciplac aluminizada em cima e neutra por baixo, com subcobertura.

Coberturas	Diferença de custos (%)
Barro	0
Ond	- 14,5
T. P. D.	- 26,4
T.P.	- 41,2
Al. e B.	- 45,5
Al. e N.	- 47,7
Barro Sc.	+ 8,3
Ond. Sc.	- 7,0
T. P. D. Sc.	- 19,0
T. P. Sc.	- 33,7
Al. e B. Sc.	- 38,1
Al. e N. Sc.	- 40,3

Valores com base nas Tabelas A1 a A6 do Apêndice

De acordo com a tabela 25, observa-se que os telhados feitos com as telhas Al. e B. e com as telhas Al. e N. são os de menor custo inicial, com respectivamente 45, 5% e 47, 7% a menos quando comparado ao telhado com telha de Barro. Seqüencialmente, tem-se o telhado com telha T.P., com 41, 2% a menos do que o com cobertura de Barro.

Ainda de acordo com as Tabelas A1 a A6, em termos de engradamentos dos telhados, vê-se que a diferença de custo entre o engradamento das telhas de barro e os das telhas alternativas é de R\$ 43.642,02, que equivale 34,44% a menos para os engradamentos das telhas alternativas, o que pode contribuir relevantemente na redução do custo da estrutura destes telhados.

5. CONCLUSÕES

Considerando o Índice de Temperatura de globo negro e umidade, tanto ao nível das aves como dos bovinos, as condições térmicas ambientais no interior dos modelos foram equivalentes ao longo do dia e a condição de cortina fechada permitiu ampliar as diferenças entre os diversos tipos de coberturas. Nos horários mais quentes do dia, foi exceção, com valores de ITGU acima em relação à cobertura de barro, os ambientes térmicos internos propiciados pelas coberturas Onduline – fibra vegetal e betume - com e sem subcobertura, cobertura reciclada de Tetra Pak - sem subcobertura, cobertura Reciplac aluminizada na face superior e branca na inferior - com e sem subcobertura, e cobertura Reciplac aluminizada em cima e neutra por baixo - com subcobertura. O uso de manta subcobertura possibilitou reduzir ligeiramente o tempo em que os animais estariam em condições consideradas desconfortáveis, contudo de modo geral não teve efeito significativo, com exceção do ambiente mais ameno propiciado em alguns horários quando associado a coberturas com desempenho inferior. Em condições de cortina fechada, as coberturas foram apenas razoáveis em amenizar os extremos climáticos do ambiente exterior, ficando por conta da cobertura de barro os melhores resultados.

Considerando a carga térmica radiante como fator importante nas condições térmicas ambientais internas das instalações, no nível das aves e dos bovinos, verificou-se que no geral ocorreu semelhança entre resultados, porém com diferenças mais amplificadas entre as diversas instalações, quando as cortinas estavam fechadas, e que, no período quente do dia, os menores valores de carga térmica estiveram associados à cobertura de barro. A capacidade das instalações em atenuar a carga térmica radiante exterior sobre os animais variou de 31 a 41%, dependendo do tipo de cobertura. O uso da manta isolante subcobertura não foi capaz de, estatisticamente, promover redução na carga térmica radiante no ambiente dos animais. Seu efeito foi importante quando associado a coberturas de

pior desempenho, como a cobertura denominada Onduline de fibra vegetal e betume, a Reciplac aluminizada em cima e branca por baixo.

Tomando como base a Efetividade Térmica das coberturas, nos horários mais quentes do dia, em geral todas as coberturas apresentaram desempenho ligeiramente inferior à cobertura de barro, com pequenas diferenças entre uma e outra, tanto para o nível das aves como para o dos bovinos. A inclusão da manta isolante subcobertura não contribuiu sobremaneira para melhorar as condições térmicas no interior das instalações, principalmente em condições de cortinas abertas.

Considerando a redução nos custos iniciais estimados para os diversos telhados, em comparação ao com cobertura de barro, chegou-se a 47, 7% para o com cobertura Reciplac aluminizada na face superior e branca na inferior, 45, 5% para o com cobertura Reciplac aluminizada na face superior e neutra na inferior e 41, 2% para o com cobertura de material reciclado Tetra Pak.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, V. M. N.; ABREU, P. G. **Estudo das condições climáticas para a produção de aves, no Estado da Bahia**. 2006a. Disponível em: <www.nordeste rural.com.br>. Acesso em: 10 Abr. 2010.

ABREU, V. M. N.; ABREU, P. G. **Estudo das condições climáticas para a produção de aves, no Estado de Goiás**. 2006b. Disponível em: <www.nordeste rural.com.br>. Acesso em: 10 Abr. 2010.

ABREU, V. M. N.; ABREU, P. G. Função e manejo da cortina em aviários. **Comunicado Técnico 273**. Embrapa Suínos e Aves, Fevereiro/2001, p. 1–2.

ABREU, V. M. N.; ABREU, P. G.; COLDEBELLA, A.; PAIVA, D. P.; JAENISCH, F. R. F. Influência da Cortina e do Programa de Luz no Desempenho Produtivo de Frangos de Corte e no Consumo de Energia Elétrica. **Comunicado Técnico 437**. Dezembro/2006. Concórdia-SC.

AZEVEDO, M.; PIRES, M. F. A.; SATURNINO, H. M.; LANA, A. M. Q.; SAMPAIO, I. B. M.; MONTEIRO, J. B. N.; MORATO, L. E. Estimativa de Níveis Críticos Superiores do Índice de Temperatura e Umidade para Vacas Leiteiras. **R. Bras. Zootec.**, v.34, n.6, p.2000-2008, 2005.

BACCARI Jr., F. Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes. Londrina: UEL, 2001. 142 p.

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

BELZER, R. Ovos Comerciais. **Relatório Anual da união Brasileira de Avicultura**, Brasília, p. 54-59. 2009.

BOND, T. E.; KELLY, C. F.; MORRISON, S. R., PEREIRA, N. Solar, atmospheric and terrestrial radiation received by shaded and unshaded animals. **Transactions of the ASAE**, 10(5): 622-627, 1967.

BUENO, L. G. **Avaliação da eficiência energética e do conforto térmico em instalações de frango de corte**. 86 f. 2004. (Dissertação – Mestrado em Engenharia Agrícola – Construções Rurais e Ambiência) Universidade Federal de Viçosa. Viçosa.

BUENO, L.; ROSSI, L. A. Comparação entre tecnologias de climatização para criação de frangos quanto a energia, ambiência e produtividade. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.10, n.2, p.497–504, 2006.

BUFFINGTON, C. S.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G. H., PITT, D.; THATCHER, W. W.; COLLIER, P. J. Black globe humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transactions of the ASAE**, v. 24, n. 3, p. 711-714, 1981.

CAMPOS, J. A. **Qualidade do Ar, Ambiente Térmico e Desempenho Animal em Dois Tipos de Suinoculturas**. 2006. 83 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola – Construções Rurais e Ambiência) Universidade Federal de Viçosa. Viçosa.

CONCEIÇÃO, M. N. da; ALVES, S. P.; JÚNIOR, A. T.; SILVA, I. J. O. da; PIEDADE, S. M. S.; JÚNIOR, H. S.; TONOLI, G. Desempenho de telhas de escória de alto forno e fibras vegetais em protótipos de galpões. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental** v.12, n.5, p.536–539, 2008.

COSTA, E. C. **Arquitetura Ecológica, Condicionamento térmico natural**. São Paulo: E. Edgard Blücher, 1982. 264p.

COUTINHO, R. **Construção de Novas Soluções**. 2006. Disponível em: <<http://www.reciclasa.com/materiais.jsp>>. Acesso em: 23 Abr. 2010.

CURTIS, S. E. **Environmental management in animal agriculture**. AMES. The Iowa State University, 1983. 409 p.

DAMASCENO, F. A. **Avaliação de telhas ecológicas e sua influência no ambiente térmico de modelos físicos de galpões avícolas**. 2008. Monografia (Especialista em Gestão e Manejo Ambiental na Agroindústria - Pós-Graduação Lato Sensu) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

DARÉ, C. A. N.; TARGA, L. A.; ISA, M. M. Avaliação da Efetividade de Isolantes Térmicos por Reflexão, Utilizados como Subcoberturas. **Energ. Agríc.**, Botucatu, v.20, n.2, p.14-29. 2005.

DESHAZER, J. A.; BECK, M. M. **University of Nebraska Report for Northeast Regional Poultry Project NE-127**. Lincoln: Agricultural Research Division, University of Nebraska, 1988.

FALCO, J. E. **Bioclimatologia animal**. Lavras: UFLA, 1997. 57 p.

FIORELLI, J.; MORCELI, J. A. B.; VAZ, R. I.; DIAS, A. A. Avaliação da eficiência térmica de telha reciclada à base de embalagens longa vida. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.13, n.2, p.204–209, 2009.

FURTADO, D. A.; TINOCO, I. F. F.; NASCIMENTO, J. W. B. do, LEAL, A. F.; AZEVEDO, M. A. Caracterização das Instalações Avícolas na Mesorregião do Agreste Paraibano. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.25, n.3, p.831-840, set./dez. 2005.

FURTADO, D. A.; AZEVEDO, P. V.; TINOCO, I. F. F. Análise do conforto térmico em galpões avícolas com diferentes sistemas de condicionamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.3, p.559-564, 2003b.

FURTADO, D.A.; AZEVEDO, P.V.; AZEVEDO, M.A.; VIEIRA, L.G. Temperatura interna da telha de cimento amianto em aviários com e sem pintura na sua face externa. In. Congresso Brasileiro de Meteorologia, Foz do Iguaçu, 2003a. Anais ... Foz de Iguaçu : SBMET, 2003, CD-Rom.

GOMES, R. C. C. Predição do índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU) em galpões climatizados para aves de corte. 94 f. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola – Construções Rurais e Ambiente) Universidade Federal de Viçosa. Viçosa.

GOMES, C. A. V.; FURTADO, MEDEIROS, D. A.; SILVA, A. N.; D. S.; FILHO, E. C. P.; JÚNIOR, V. de L. Efeito do ambiente térmico e níveis de suplementação nos parâmetros fisiológicos de caprinos Moxotó. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.12, n.2, p.213–219, 2008.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisas Trimestrais do Abate de Animais, do Leite, do Couro e da Produção de Ovos de Galinha**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 23 Mai. 2009.

INCROPERA, F. P.; DEWITT, D. P.; BERGMAN, T. L.; LAVINE, A. S. **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. 6 ed. 2008. Tradução: QUEIROZ, E. M.; PESSOA, F. L. P. Rio de Janeiro: LTC, 2008. 643 p.

INFORMADOR DAS CONSTRUÇÕES. Belo Horizonte: Casa de Minas, ano 54, edição 1604, agosto. 2010.

JÁCOME, I. M. T. D.; FURTADO, D. A.; LEAL, A. F.; SILVA, J. H. V.; MOURA, J. F. P. Avaliação de índices de conforto térmico de instalações para poedeiras no nordeste do Brasil. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.11, n.5, p.527–531, 2007.

JENTZSCH, R. **Estudo de modelos reduzidos destinados à predição de parâmetros térmicos ambientais em instalações agrícolas**. 2002. 103 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola – Construções Rurais e Ambiente) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

KAWABATA, C. Y. **Desempenho Térmico de Diferentes Tipos de Telhados em Bezerreiros Individuais**. 2003. 108 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade de São Paulo – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Pirassununga, 2003.

KAWABATA, C. Y.; CASTRO, R. C., SAVASTANO JUNIOR, H. Índices de conforto térmico e respostas fisiológicas de bezerros da raça holandesa em bezerreiros individuais com diferentes coberturas. **Eng. Agríc.** vol. 25, n.3, p. 598-607. 2005,

KOCAMAN, B.; ESENBUGA, N.; YILDIZ, A.; LACIN, E.; MACIT, M. Effects of environmental conditions in poultry houses on the performance of laying hens. **International Journal of Poultry Science**, Cambridge, v. 5, n, 1, p. 26-30, 2006.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cmx200cm.

LIXO. **Tempo de decomposição**. Disponível em: <www.lixo.com.br>. Acesso em: 7 Mar. 2010.

MACHADO, N. S. **Arrefecimento térmico de cobertura de aviários por aspersão, com vista ao uso de água de chuva, no centro-oeste brasileiro**. 2007. 127 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola – Construções Rurais e Ambiente) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MATARAZZO, S. V.; SILVA, I. J. O.; PERISSINOTTO, M.; FERNANDES, S. A. de A. Intermittência do Sistema de Resfriamento Adiabático Evaporativo por Aspersão em Instalação para Vacas em Lactação. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.26, n.3, p.654-662, set./dez. 2006.

MEDEIROS, C. M. Ajuste de modelos e determinação de índice térmico ambiental de produtividade para frangos de corte, 2001. 115 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola – Construções Rurais e Ambiente) Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG.

MEDEIROS, C. M.; BAÊTA, F. C.; OLIVEIRA, R. F. M.; TINÔCO, I. F. F.; ALBINO, L. F. T.; CECON, P. R. Efeitos da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar em frangos de corte. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 13, n. 4, p. 277-286, out/dez. 2005.

MENEGALI, I. **Avaliação de diferentes sistemas de ventilação mínima sobre a qualidade do ar e o desempenho de frangos de corte**. 2009. 109 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MICHELS, C. **Análise da Transferência de Calor em Coberturas com Barreiras Radiantes**. 2007. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

MORAES, S. R. P. **Caracterização de sistemas de semiclimatização de ambiente, em galpões para frangos de corte, no sudoeste de Goiás**. 2002. 148 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola – Construções Rurais e Ambiente) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MORAES, S. R. P. **Conforto térmico em modelos reduzidos de galpões avícolas, para diferentes coberturas, durante o verão**. 1999. 73 f. Dissertação (Mestrado em Construções Rurais e Ambiente) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MULLER, P. B. **Bioclimatologia aplicada aos animais domésticos**. Porto Alegre, Sulina, 158 p, 1982.

NÄÄS, I.A. **Princípios de conforto térmico na produção animal**. São Paulo: Ícone, 1989. 183p.

NEUBAUER, L. W. Orientation and insulation: model versus prototype. **Transactions of the ASAR**, 11 (4): 707-709, 1972.

OLIVEIRA, L. M. F. **Efeitos climáticos no conforto térmico animal e humano**. 2004. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

OLIVEIRA, F. M. M.; DANTAS, R. T.; FURTADO, D. A.; NASCIMENTO J. W. B.; MEDEIROS, A. N. Parâmetros de Conforto Térmico e Fisiológico de Ovinos Santa Inês, sob Diferentes Sistemas de Acondicionamento. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.9, n.4, p.631-635, 2005.

OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; ABREU, M. L. T.; FERREIRA, R. A.; VAZ, R. GOMES M. V.; CELLA, P. S. Efeitos da temperatura e da umidade relativa sobre o desempenho e o rendimento de cortes nobres de frangos de corte de 1 a 49 dias de idade. **R. Bras. Zootec.**, v.35, n.3, p. 797-803, 2006.

ONDULINE. **Produtos**. Disponível em: <www.onduline.com.br>. Acesso em: 10 Abr. 2010.

PÉCORÁ, J. D.; SILVA, R. G. **Unidades métricas correlacionadas à temperatura**. Ribeirão Preto: USP, 2005. Disponível em: <http://www.forp.usp.br/restauradora/pg/textos_tecnicos/metrologia/metrologia_temperatura.html>. Acesso em: 6 Mai. 2010.

PEREIRA, A. K. **Fatores térmicos ambientais e qualidade do ar no desempenho produtivo de frangos de corte criados em alta densidade sob sistemas de ventilação positiva**. 97 f. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola – Construções Rurais e Ambiente) Universidade Federal de Viçosa. Viçosa.

PEREIRA, N.; BOND, T. E.; MORRISON, S. R. “Ping-pong” ball into black-globe thermometer. **Agricultural Engineering**, St. Joseph, v. 10, n. 48, p. 341-342, June 1967.

PONTES, J. R. M.; CARDOSO, P. A. Usina de reciclagem e compostagem de lixo em vila velha: viabilidade econômica e a incorporação de benefícios sociais e ambientais. 2006. In: XXVI ENEGEP – Fortaleza, CE, Brasil, 9 a 11 de Outubro de 2006.

RECIPLAC. **Tabela de Aplicações e Benefícios**. Disponível em:<www.reciplac.com.br>. Acesso em: 07 Mar. 2009.

RIVERO, R. O. **Arquitetura e clima: acondicionamento térmico natural**. 2. ed. Porto Alegre: D. C. Luzzato, 1986. 240p.

ROCHA, A. **Brasil pode triplicar a exportação de ovos**. Disponível em: <www.anba.com.br/noticia_agronegocios.kmf?cod=9787995>. Acesso em: 27 set. 2010.

SALES, G. T.; FIALHO, E. T.; YANAGI JÚNIOR, T.; FREITAS, RILKE, T. F.; TEIXEIRA, V. H. DAMASCENO, F. A. Influência do ambiente térmico no desempenho reprodutivo de fêmeas suínas. In: XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Anais..., João Pessoa – PB. 2006.

SAMPAIO, C. A. P. CRISTANI, J. A., BOFF, C.E. a Avaliação do ambiente térmico em instalação para crescimento e terminação de suínos utilizando os índices de conforto térmico mas condições tropicais. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 34, n.3, p. 785 – 790, 2004.

SANTOS, P. A. dos; JUNIOR, T.Y. Y; TEIXEIRA, V. H.; FERREIRA, L. Ambiente Térmico no Interior de Modelos de Galpões Avícolas em Escala Reduzida com Ventilação Natural e Artificial dos Telhados. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.25, n.3, p.575-584, set./dez. 2005.

SANTOS, P. A. **Qualidade do ar, conforto térmico e desempenho de frango de corte em dois sistemas de aquecimento e de ventilação**. 2008. 96 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SARMENTO, L. G. V.; DANTAS, R. T.; FURTADO, D. A.; NASCIMENTO, J. W. B.; SILVA, J. H. V. Efeito da Pintura Externa do Telhado sobre o Ambiente Climático e o Desempenho de Frangos de Corte. **Agropecuária Técnica**. v.26, n.2, p. 117-122. 2005.

SARUBBI, J. **Estudo do Conforto Térmico, Desempenho Animal e Racionalização de Energia Elétrica em uma Instalação Suinícola na Região de Boituva-Sp**. 2005. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Estadual de Campinas - Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, 2005.

SAVASTANO JR, H; PIMENTEL, L. L. Viabilidade do Aproveitamento de Resíduos de Fibras Vegetais para Fins de Obtenção de Material de Construção. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.4, n.1, p.103-110, 2000.

SOUZA, C. F.; TINOCO, I. F. F.; BAÊTA, F. C.; FERREIRA, W. P. M.; SILVA, R.S. Avaliação de materiais alternativos para confecção do termômetro de globo. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v.26, n.1, p.157-164, jan./fev., 2002.

SUK, Y. O.; WASHBURN, K. W. Effects of environment on growth, efficiency of feed utilization, carcass fatness, and their association. **Poultry Science**, v. 74, p. 285-296, 1995.

TINÔCO, I. F. F. A granja de frango de corte. In: MENDES, A.A.; NAAS, I.A.; MACARI, M. Produção de Frangos de Corte. Campinas: FACTA, 2004, p. 55-85.

TINÔCO, I. F. F. Ambiência e instalações para a avicultura industrial. In: ENCONTRO NACIONAL E TÉCNICOS, PESQUISADORES E EDUCADORES DE CONSTRUÇÕES RURAIS, 3., Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas, MG: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998.

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

TURCO, S. H. N. Modificações das condições ambientais de verão, em maternidade de suínos. 1993. 58 f. Dissertação (Mestrado em Construções Rurais e Ambiência) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

TURRA, F. S. Exportação de carne de frango. **Relatório Anual da união Brasileira de Avicultura**, Brasília, p. 40-47. 2009.

VELOSO, N. M. **Alojamento de Cachaços em Instalações Climatizadas: análise do Desempenho Reprodutivo e do Uso de Energia Elétrica**. 2008. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Estadual de Campinas – Faculdade de Engenharia Agrícola. Campinas, 2008.

YANAGI JUNIOR, T. **Inovações tecnológicas na bioclimatologia animal visando aumento da produção animal: relação bem estar animal x clima**. 2006. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/ITBA/Index.htm>. Acesso em: 12 Mar. 2010.

YOUSEF, M. K. Stress physiology in livestock. **Poultry Science**, Boca Ration, v.3, p. 159, 1985.

APÊNDICES

Tabela A1 – Orçamento do custo do telhado confeccionado com a telha de barro

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UND.	QUANT.	UNIT.	TOTAL R\$	TOTAL+ 35% DE BDI
					157.915,30	230.848,83
01.01	ENGRADAMENTO PARA TELHAS DE BARRO COM DUAS AGUAS, VÃO DE 8 A 12 M, EM MADEIRA DE LEI - COM BEIRAL DE 2 M	m ²	2217,6	42,33	93.871,01	126.725,86
01.02	COBERTURA EM TELHAS DE BARRO COLONIAIS CURVAS DE TAMANHO NORMAL, 26 TELHAS POR M ² , COM AS PRIMEIRAS FIADAS COLOCADAS COM ARGAMASSA DE CAL E AREIA 1:3 EM TELHADO DE 1 E 2 AGUAS, FORNECIMENTO E COLOCAÇÃO	m ²	2217,6	28,88	64.044,29	86.459,79
01.03	MANTA DURALFOIL 50 2 FACES	m ²	2217,6	5,9	13.083,84	17.663,18

Fonte: Consultas no mercado, Maio de 2010; revista informador das construções, Agosto de 2010

Tabela A2 – Orçamento do custo do telhado confeccionado com a telha de fibra vegetal com betume

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UND.	QUANT.	UNIT.	TOTAL R\$	TOTAL+ 35% DE BDI R\$
					135.069,98	198.172,53
01.01	ENGRADAMENTO PARA TELHADOS LEVES COM DUAS AGUAS, VÃO DE 8 A 12 M, EM MADEIRA DE LEI - COM BEIRAL DE 2 M	m ²	1987,2	30,97	61.543,58	83.083,84
01.02	COBERTURA EM TELHAS ONDULINE TAMANHO 2000X950 mm, EM TELHADO DE 1 E 2 AGUAS, FORNECIMENTO E COLOCAÇÃO, COM AS CUMEEIRAS.	m ²	1987,2	37	73.526,40	99.260,64
01.03	MANTA DURALFOIL 50 2 FACES	m ²	1987,2	5,9	11.724,48	15.828,05

Fonte: Consultas no mercado, Maio de 2010; revista informador das construções, Agosto de 2010

Tabela A3 – Orçamento do custo do telhado confeccionado com a telha aluminizada encima e natural por baixo

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UND.	QUANT.	UNIT.	TOTAL R\$	TOTAL+ 35% DE BDI - R\$
					82.607,90	127.348,72
01.01	ENGRADAMENTO PARA TELHADOS LEVES COM DUAS AGUAS, VÃO DE 8 A 12 M, EM MADEIRA DE LEI - COM BEIRAL DE 2 M	m ²	1987,2	30,97	61.543,58	83.083,84
01.02	COBERTURA EM TELHAS EM CHAPA ONDULADA TAL, ALUMINIZADA ENCIMA E NATURAL EMBAIXO TAMANHO 2200X1030 mm, EM TELHADO DE 1 E 2 AGUAS, FORNECIMENTO E COLOCAÇÃO, COM AS CUMEEIRAS.	m ²	1987,2	10,6	21.064,32	28.436,83
01.03	MANTA DURALFOIL 50 2 FACES	m ²	1987,2	5,9	11.724,48	15.828,05

Fonte: Consultas no mercado, Maio de 2010; revista informador das construções, Agosto de 2010

Tabela A4 – Orçamento do custo do telhado confeccionado com a telha aluminizada encima e branco por baixo

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UND.	QUANT.	UNIT.	TOTAL R\$	TOTAL+ 35% DE BDI - R\$
					86.065,63	132.016,65
01.01	ENGRADAMENTO PARA TELHADOS LEVES COM DUAS AGUAS, VÃO DE 8 A 12 M, EM MADEIRA DE LEI - COM BEIRAL DE 2 M	m ²	1987,2	30,97	61.543,58	83.083,84
01.02	COBERTURA EM TELHAS EM CHAPA ONDULADA TNTPO, ALUMINIZADA ENCIMA E BRANCO EMBAIXO TAMANHO 2200X1030 mm, EM TELHADO DE 1 E 2 AGUAS, FORNECIMENTO E COLOCAÇÃO, COM AS CUMEEIRAS.	m ²	1987,2	12,34	24.522,05	33.104,76
01.03	MANTA DURALFOIL 50 2 FACES	m ²	1987,2	5,9	11.724,48	15.828,05

Fonte: Consultas no mercado, Maio de 2010; revista informador das construções, Agosto de 2010

Tabela A5 – Orçamento do custo do telhado confeccionado com a telha Tetra Pak

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UND.	QUANT.	UNIT.	TOTAL R\$	TOTAL+ 35% DE BDI - R\$
					92.921,47	141.272,04
01.01	ENGRADAMENTO PARA TELHADOS LEVES COM DUAS AGUAS, VÃO DE 8 A 12 M, EM MADEIRA DE LEI - COM BEIRAL DE 2 M	m ²	1987,2	30,97	61.543,58	83.083,84
01.02	COBERTURA EM TELHAS EM CHAPA ONDULADA TETRA PAK TAMANHO 2200X1030 mm, EM TELhado DE 1 E 2 AGUAS, FORNECIMENTO E COLOCAÇÃO, COM AS CUMEEIRAS.	m ²	1987,2	15,79	31.377,89	42.360,15
01.03	MANTA DURALFOIL 50 2 FACES	m ²	1987,2	5,9	11.724,48	15.828,05

Fonte: Consultas no mercado, Maio de 2010; revista informador das construções, Agosto de 2010

Tabela A6 – Orçamento do custo do telhado confeccionado com a telha de Tubo Pasta de Dente

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UND.	QUANT.	UNIT.	TOTAL R\$	TOTAL+ 35% DE BDI - R\$
					116.191,58	172.686,69
01.01	ENGRADAMENTO PARA TELHADOS LEVES COM DUAS AGUAS, VÃO DE 8 A 12 M, EM MADEIRA DE LEI - COM BEIRAL DE 2 M	m ²	1987,2	30,97	61.543,58	83.083,84
01.02	COBERTURA EM TELHAS EM CHAPA ONDULADA TUBO DE PASTA DE DENTE, TAMANHO 2200X1030 mm, EM TELhado DE 1 E 2 AGUAS, FORNECIMENTO E COLOCAÇÃO, COM AS CUMEEIRAS.	m ²	1987,2	27,5	54.648,00	73.774,80
01.03	MANTA DURALFOIL 50 2 FACES	m ²	1987,2	5,9	11.724,48	15.828,05

Fonte: Consultas no mercado, Maio de 2010; revista informador das construções, Agosto de 2010