



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

**ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO EM MODELOS  
REDUZIDOS DE GALPÕES AVÍCOLAS COM DIFERENTES  
MATERIAIS DE COBERTURA**

**ANDRÉ LUIZ DE OLIVEIRA CARDOSO**

**Brasília, DF**

**Junho/2014**

**ANDRÉ LUIZ DE OLIVEIRA CARDOSO**

**ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO EM MODELOS  
REDUZIDOS DE GALPÕES AVÍCOLAS COM DIFERENTES  
MATERIAIS DE COBERTURA**

Monografia apresentada à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília – UnB, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia, para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

**Orientador: Prof. Dr. SAMUEL MARTIN**

**Brasília, DF  
Junho/2014**

**ANDRÉ LUIZ DE OLIVEIRA CARDOSO**

**ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO EM MODELOS  
REDUZIDOS DE GALPÕES AVÍCOLAS COM DIFERENTES  
MATERIAIS DE COBERTURA**

Monografia apresentada à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília – UnB, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia, para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

**Orientador: Prof. Dr. SAMUEL MARTIN**

**APROVADO PELA BANCA EXAMINADORA EM 27/06/2014.**

---

Samuel Martin  
Doutor, Universidade de Brasília – UnB  
Orientador

---

Cícero Célio de Figueiredo  
Doutor, Universidade de Brasília – UnB  
Examinador Interno

---

Eder Stolben Moscon  
Engenheiro Agrônomo  
Examinador Externo

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	iv
LISTA DE TABELAS .....	v
RESUMO .....	vi
ABSTRACT .....	vii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	2
2.1. Panorama da avicultura brasileira .....	2
2.2. Influência da temperatura ambiental no desempenho de frangos de corte.....	3
2.3. Tipologia dos galpões avícolas brasileiros .....	4
2.4. Teoria da similitude.....	5
2.5. Zona de conforto térmico .....	6
2.6. Manipulação do ambiente térmico .....	7
2.7. O material de cobertura .....	9
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	12
3.1. Local do experimento .....	12
3.2. Descrição dos tratamentos.....	12
3.3. Construção dos modelos.....	13
3.4. Instrumentação .....	14
3.5. Índices térmicos.....	16
3.6. Locação à campo .....	17
3.7. Coleta dos dados.....	18
3.8. Análise estatística .....	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	19
5. CONCLUSÕES .....	25
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	26

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Produção brasileira de carne de frango ao longo dos últimos anos. ....	2
Figura 2. Esquema de balanço de calor numa instalação para aves. ....	8
Figura 3. Imagens coletadas durante a preparação dos modelos: (a) modelo a campo com telha de cerâmica; (b) modelo a campo com telha de fibrocimento; (c) modelo a campo com telha de PVC. ....	13
Figura 4. Representação gráfica dos modelos reduzidos por meio de uma planta baixa e corte vertical, indicando a inclinação do telhado de (a) 30° e (b) 15°. ....	14
Figura 5. (a) estação meteorológica; (b) globos negros de diferentes diâmetros; (c) anemômetro de fio quente, datalogger (registrador de temperatura e umidade relativa) e globo negro com termopar e termômetro digital. ....	16
Figura 6. Arranjo dos modelos reduzidos em função dos tipos de cobertura. ....	17
Figura 7. Imagem coletada durante a alocação dos modelos reduzidos a campo respeitando seu posicionamento leste-oeste. ....	17
Figura 8. Representação dos valores médios do índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU), em função dos horários, correspondentes a cada tipo de cobertura e ao ambiente externo. ....	22
Figura 9. Representação dos valores médios da carga térmica radiante (CTR), em função dos horários, para cada tipo de cobertura. ....	23

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Descrição dos tratamentos utilizados no estudo, em modelos reduzidos de galpões avícolas.....	12
Tabela 2. Valores médios e desvios padrão das variáveis climáticas e Temperatura de globo negro para os diferentes tratamentos .....	19
Tabela 3. Resumo da análise de variância do ITGU e CTR em relação aos tratamentos (CE30, FC15, PVC15) e os horários de medição .....	20
Tabela 4. Resultados médios de ITGU para as diferentes telhas e horários de medição	21
Tabela 5. CTR ( $W.m^{-2}$ ) para diferentes telhas e horários de medição .....	23

## RESUMO

Objetivou-se com a realização deste estudo avaliar o efeito de diferentes materiais de cobertura sobre os índices de conforto térmico (índice de temperatura de globo negro e umidade – ITGU e carga térmica radiante – CTR) em modelos reduzidos de galpões avícolas. O experimento foi conduzido na Fazenda Água Limpa (área experimental pertencente à Universidade de Brasília – UnB) durante o mês de maio de 2014. Os dados foram medidos entre 10 e 16 horas, para o intervalo de uma hora. No estudo, foram utilizados modelos reduzidos de galpões avícolas em escala de 1:10 com diferentes inclinações de telhado e materiais de cobertura. Os tratamentos utilizados foram: cobertura cerâmica com inclinação de 30° (CE30); cobertura de fibrocimento com inclinação de 15° (FC15); cobertura de PVC com inclinação de 15° (PVC15). Quanto à instrumentação, externamente às instalações, por meio de uma estação meteorológica foram dispostos equipamentos para coleta de dados de temperatura do bulbo seco (Tbs), temperatura do globo negro (Tgn), umidade relativa do ar (UR) e velocidade do vento (vv). Internamente aos modelos reduzidos, foram dispostos também equipamentos para a coleta destes mesmos dados. A partir dessas variáveis foram calculados os índices ambientais de conforto térmico ITGU e CTR. Os resultados permitiram concluir que: para o período compreendido entre 13 e 14 horas, não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos, tanto para ITGU quanto para CTR. Para o período estudado, de acordo com os dados obtidos de ITGU e CTR, os três materiais de cobertura podem ser usados em instalações avícolas. Os valores encontrados para temperatura de bulbo seco (Tbs) e Temperatura de globo negro (Tgn) para os diferentes tratamentos possibilitam inferir que a telha cerâmica proporcionou um ambiente com melhores condições de conforto térmico. Recomenda-se a avaliação acerca da viabilidade econômica de cada material de cobertura para a escolha de um deles, além de testes em condições mais extremas de temperatura.

**Palavras-chave:** construções rurais; telhas; ambiência.

## ABSTRACT

The objective of this study to evaluate the effect of different mulches materials on the thermal comfort indices (Black Globe Humidity Index- BGHI and Thermal Heat Load - THL). The experiment was conducted in the Fazenda Água Limpa (experimental area belonging to University of Brasilia - UnB) during May 2014. Data were measured between 10 a.m. and 4 p.m. hours, for the one-hour interval. In the study, scale models of poultry sheds were used in 1:10 scale with different slopes of roof and roofing materials. The treatments were: ceramic roof with a slope of 30° (CE30); fiber cement roofs with a slope of 15° (FC15); PVC cover with an inclination of 15° (PVC15). Regarding instrumentation, outside to the facilities, via weather station equipment for data collection of dry bulb Temperature (T<sub>bs</sub>), black globe Temperature (T<sub>gn</sub>), Relative Humidity (UR) and wind speed (vv) were disposed. Inside the small scale models were also disposed equipment for the collection of these same data. From these variables the environmental thermal comfort indices were calculated BGHI and THL. The results showed that: for the period between 13 and 14 hours, there was no statistically significant difference between treatments for both BGHI and THL. For the study period, according to data obtained from BGHI and THL, the three mulches can be used in poultry houses. The values found for the T<sub>bs</sub> and T<sub>gn</sub> for the different treatments allow to infer that ceramic tile provided an environment with better thermal comfort. It is recommended to review about the economic viability of each roofing material for choosing one of them, in addition to tests in more extreme temperature conditions.

**Keywords:** rural buildings; tiles; ambience.



## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente a carne de frango é consumida em quase todo mundo, isto porque, além da sua qualidade e baixo custo, muitas culturas não permitem o consumo de outras fontes de proteína animal. Esse crescimento exigiu dos produtores uma maior eficiência na criação de frangos, aumentando os cuidados relacionados à alimentação, manejo, genética e ambiência.

No ano de 2013 a produção mundial de carne de frango ultrapassou a marca de 82 milhões de toneladas, sendo EUA, China, Brasil e União Europeia os maiores produtores, respectivamente. O maior importador é o Japão, seguido de Arábia Saudita, União Europeia e México. Com relação às exportações, o Brasil é o líder mundial, representando 36,6% do mercado, seguido pelos EUA com 31,3% e União Europeia com 10,3%. Já a China, além de ser um grande produtor, é também, um grande consumidor, uma vez que, aproximadamente, 97% da sua produção permanecem no mercado interno (UBABEF, 2014).

No Brasil, a região Sul é a maior produtora e exportadora de aves, contribuindo com mais de 70 % do total produzido no país. A região Centro-oeste figura na vice-liderança, com 17% da produção nacional. Dentro da região centro-oeste o Distrito Federal se destaca, pois embora sua área represente apenas 0,36% da área total da região, contribui com cerca de 12% do total regional exportado (IBGE, 2014).

Oliveira et al. (2014) constataram que a maioria dos galpões avícolas no Distrito Federal apresentam bom nível tecnológico, onde utilizam sistema de resfriamento, quebra-vento, cortinas laterais, forro, sistema de alimentação automático, além do predomínio da ventilação negativa. A densidade gira em torno de 12 a 13 aves por metro quadrado. Outra característica importante relatada é o predomínio de telhas de amianto, seguido de telhas de fibrocimento.

De acordo com Rodrigues (1998), o telhado é o fator que mais contribui para as condições do ambiente, dentro de 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 eficiência de isolantes térmicos e forros. Os materiais elementos construtivos exercem controle sobre o ambiente interno devido às suas propriedades térmicas e mecânicas.

Desse modo, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as telhas de PVC, fibrocimento e cerâmica, em modelos reduzidos de galpões avícolas, a partir da análise dos índices de conforto térmico ITGU e CTR.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Panorama da avicultura brasileira

A crescente demanda de alimentos, em especial os de origem animal, especificamente ovos e frangos, foram e continuam sendo um dos fatores básicos do extraordinário desenvolvimento verificado na avicultura mundial, devido, em parte, ao ciclo rápido de produção dos animais (LANA, 2000).

A avicultura é a atividade que possui o maior e mais avançado acervo tecnológico dentre o setor agropecuário brasileiro (TINÔCO, 2001). O enorme crescimento da produção avícola mundial e nacional aconteceu devido à evolução nas áreas da genética, nutrição animal, manejo e sanidade, incluindo a importância da ambientação do animal à sua faixa de conforto térmico e, também, a atenção cada vez maior na busca por boas condições de bem-estar animal (CASSUCE, 2011).

Em 2011, por exemplo, a produção brasileira atingiu a marca histórica de 13,058 milhões de toneladas, garantindo ao Brasil uma posição entre os três maiores produtores mundiais de carne de frango, com Estados Unidos e China (UBABEF, 2014), como mostra a Figura 1.

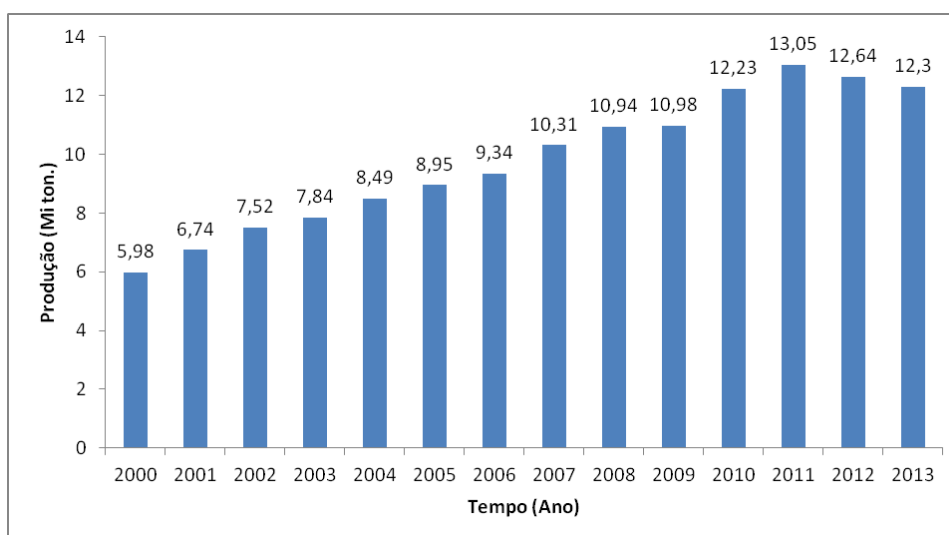


Figura 1. Produção brasileira de carne de frango ao longo dos últimos anos (Fonte: UBABEF, 2014).

O ano de 2014 reserva ótimas oportunidades para o setor, como a Copa do Mundo Fifa Brasil 2014, que tem como previsão a vinda de mais de 500 mil estrangeiros para o Brasil,

segundo dados da Embratur. Esse tipo de evento além de favorecer o consumo interno, também proporciona uma grande exposição do produto brasileiro.

## **2.2. Influência da temperatura ambiental no desempenho de frangos de corte**

Baêta & Souza (2010) definem o ambiente animal como sendo o conjunto de todos os fatores que afetam direta ou indiretamente os animais e acrescentam ainda que os fatores que causam os maiores efeitos sobre o bem estar e, conseqüentemente, sobre a produção animal são a temperatura, a umidade, a radiação e o vento. De acordo com os mesmos autores, o ambiente interno de uma instalação normalmente é resultante das condições locais externas, das características construtivas e dos materiais da instalação, da espécie, do número de animais, do manejo e das modificações causadas pelos equipamentos do sistema produtivo e pelos que têm como objetivo o acondicionamento ambiental. A ambiência também pode ser definida como a soma dos impactos dos fatores biológicos e físicos nos animais, consistindo-se em um dos principais responsáveis pelo sucesso ou fracasso do sistema de produção avícola (MACARI & FURLAN, 2001).

Segundo Lagana (2005), os avanços na genética fizeram com que o frango de corte tenha um rápido crescimento e deposição de tecido muscular. Isso aliado a uma boa nutrição fez com que essas aves atingissem altos índices de desempenho produtivo, resultando em animais com o metabolismo mais acelerado. Porém sua capacidade termorreguladora não acompanhou esse desenvolvimento, evidenciando a fragilidade desses animais quanto ao estresse térmico, ao contrário dos seus antepassados (CLASSEN, 2000 apud BROSSI et al., 2009).

Segundo Lana (2000), o estresse causado pelo ambiente térmico influencia a produtividade dos animais, por alterar sua troca de calor com o ambiente, a taxa de consumo de alimentos e a taxa de ganho de peso corporal. O ambiente é considerado confortável quando está em equilíbrio térmico com a ave, ou seja, o calor produzido pelo metabolismo do animal e o ganho do ambiente são perdidos para o meio, sem comprometimento do rendimento animal.

As aves são animais homeotermos, ou seja, possuem a capacidade de manter a temperatura corporal dentro de uma faixa estreita. Para isto, esses animais podem lançar de adaptações comportamentais, como por exemplo, abertura de asas, dispersão ou agrupamento em relação aos outros animais (CASSUCE, 2011).

Para que os animais possam expressar o seu máximo potencial genético é necessário que as condições ambientais sejam adequadas. De acordo com Furlan (2006), a alta temperatura

e umidade dentro do galpão são limitantes para ótima produtividade nos países tropicais. Esses dois elementos climáticos são altamente correlacionados ao conforto térmico animal, uma vez que, em temperaturas muito elevadas (acima de 35°C), o principal meio de dissipação de calor das aves é a evaporação, que depende da umidade relativa do ar, (BAÊTA & SOUZA, 2010).

Oliveira et al. (2006) disseram que a capacidade das aves em suportar o calor é inversamente proporcional ao teor de umidade relativa do ar. Quanto maior a umidade relativa do ar, mais dificuldade a ave tem de remover calor interno pelas vias aéreas, o que leva ao aumento da frequência respiratória. Todo esse processo que a ave realiza no sentido de manutenção da homeotermia promove modificações fisiológicas que podem comprometer seu desempenho.

Um dos efeitos do estresse térmico sobre as aves que acarreta em perdas substanciais é a redução do consumo de ração, pois as aves tentam diminuir a produção de calor interno devido ao consumo de energia da ração. Tanto a digestão quanto a absorção dos nutrientes geram energia, que liberado na forma de calor é o chamado ‘incremento calórico’. (NASCIMENTO & SILVA, 2010).

Segundo Cassuce (2011), outro agravante do estresse térmico em frangos de corte é a incidência de doenças metabólicas, como a síndrome da morte súbita e a síndrome ascítica, que comprometem a função cardiovascular. As síndromes metabólicas são responsáveis por perdas de 2 a 3% na produção (GONZÁLEZ et al., 2001).

Borges et al. (2003) observaram que quando expostas ao calor as aves aumentam a área superficial, mantendo as asas afastadas do corpo, eriçam as pernas e intensificam a circulação periférica.

### **2.3. Tipologia dos galpões avícolas brasileiros**

A produção avícola, de maneira geral, por sua competitividade, requer construções simples, projetadas de forma que permitam o acondicionamento térmico natural, sendo utilizado o sistema artificial somente quando o térmico natural estiver totalmente esgotado.

Como a avicultura atualmente baseia-se no sistema de confinamento, as aves são mais sensíveis quanto às variações climáticas, dificultando os ajustes comportamentais necessários para a manutenção da homeostase térmica. Furlan (2006) relatou que na maioria dos sistemas de produção de aves, na América Latina, os fatores climáticos são pobremente manipulados e gerenciados e o microambiente para a produção e bem-estar do frango de corte nem sempre é

compatível com as necessidades fisiológicas dos mesmos. Assim, para que se obtenha melhor desempenho produtivo na criação de frangos de corte, deve-se estar atento à interação entre o animal e o ambiente, a fim de que o custo energético dos ajustes fisiológicos sejam os menores possíveis.

Para Castro et al. (2009) o maior problema de desconforto ambiental nos trópicos é a dissipação do calor corporal para o ambiente e o fator limitante da exploração animal é a associação das altas temperaturas com a alta umidade relativa e a baixa movimentação do ar.

De acordo com Moura (2001), para melhorar a produção avícola intensiva em países como o Brasil, é necessário aperfeiçoar os abrigos e equacionar o manejo para superar os efeitos prejudiciais provenientes de alguns fatores ambientais críticos, que refletirão na produtividade do sistema.

Machado et al. (2012) afirmaram que a alta incidência de radiação solar sobre a cobertura das instalações avícolas é um dos principais causadores do estresse térmico nos aviários. Para os autores, o grande desafio para avicultura no Brasil é o desenvolvimento de tecnologias de baixo custo, que proporcionem às aves condições ambientais favoráveis para que estas possam expressar todo o seu potencial genético, uma vez que materiais isolantes são relativamente caros.

Neste sentido, a localização do aviário representa um dos maiores problemas para a criação de frangos de corte em épocas quentes. A falta de planejamento resulta em um erro, que muitas vezes, torna-se irreversível e compromete toda a produção durante os meses quentes (FURLAN, 2006). Portanto, uma boa instalação deve ser construída de forma a minimizar a radiação solar que nela penetra. O galpão deve ter um posicionamento leste-oeste, com projeção de telhado (beirais) suficiente para impedir que a luz solar direta penetre nas instalações e a cobertura deve ser de material que apresente temperaturas superficiais amenas (TINÔCO, 1996).

#### **2.4. Teoria da similitude**

O desenvolvimento de pesquisas sobre instalações para avicultura em escala natural apresenta custo elevado (SEVEGNANI et al., 1994), além de demandar um longo tempo para o desenvolvimento e adaptação dos projetos. Para que estudos sejam economicamente viáveis, utilizam-se normalmente modelos físicos de galpões avícolas construídos em escala reduzida (SANTOS et al, 2005) e, de acordo com Jentsch et al. (2011), para que o comportamento de

um protótipo possa ser determinado a partir de um modelo reduzido é necessário que ambos se comportem de maneira qualitativamente similar e que uma relação quantitativa possa ser estabelecida entre eles.

Peixoto (2004) relatou que o estudo em modelos reduzidos tem como principal desvantagem a impossibilidade de realizar testes em condição de produção, sendo necessário simular o calor dissipado pelos animais no interior das instalações e a umidade adicionada ao meio.

Muitas vezes também não é possível a reprodução exata de todos os detalhes geométricos e das propriedades físicas dos modelos, principalmente quando estão sendo utilizadas escalas muito pequenas, assim é necessário trabalhar a similitude parcial (CARNEIRO, 1993).

## **2.5. Zona de conforto térmico**

Quando não ocorre nenhum desperdício de energia, seja para compensar o frio ou para acionar seu sistema de refrigeração em combate ao excesso de calor do ambiente, diz-se que a ave está em condições de conforto e, conseqüentemente, de produtividade máxima (TINÔCO, 2001).

Nas aves, a zona termoneutra muda com sua constituição genética, idade, sexo, tamanho corporal, peso, dieta, estado fisiológico, exposição prévia ao calor (aclimatação), variação da temperatura ambiente, radiação, umidade e velocidade do ar (CASSUCE, 2011).

Tinôco (2001) constatou que de uma maneira geral, um ambiente é tido como confortável para aves adultas quando apresenta temperaturas de 15 a 25°C e umidade relativa do ar de 50 a 70%. Entretanto, dificilmente estes valores são encontrados em condições comerciais de produção, sobretudo no verão. Temperaturas abaixo e, principalmente, acima da termoneutra podem resultar em alterações metabólicas, com conseqüente queda do desempenho das aves. Com base nesses dados, pode-se concluir que em climas tropicais e subtropicais, como ocorre no Brasil, os altos valores de temperatura do ar e umidade relativa, principalmente no verão, geram condições de desconforto térmico quase permanente às aves, dificultando seu desempenho produtivo e constituindo um dos principais problemas que afetam a sua criação (NÃÃS et al., 2001).

Furlan (2006) define a zona de conforto térmico como sendo a faixa de temperatura ambiente onde a taxa metabólica é mínima, e a homeotermia é mantida com menos gasto

energético. Assim, na zona de conforto térmico (ou termoneutra), a fração de energia metabolizável utilizada para termogênese é mínima, e a energia líquida de produção é máxima.

## **2.6. Manipulação do ambiente térmico**

Adequar a edificação ao clima de um determinado local significa construir espaços que possibilitem ao animal condições de conforto. Ao projetista cabe tanto amenizar as sensações de desconforto impostas por climas muito rígidos, tais como o de excessivo calor, frio ou vento, como também propiciar ambientes os quais sejam, no mínimo, tão confortáveis como os espaços ao ar livre em climas amenos, para que altos níveis de produtividade sejam atingidos (NÃÃS, 1989).

Segundo Nããs (1989), a oscilação diária e anual da temperatura ambiente e umidade relativa, a quantidade de radiação solar incidente em cada época do ano, o grau de nebulosidade do céu, o sentido dos ventos e os índices pluviométricos são os elementos climáticos mais intervenientes no ambiente térmico da edificação.

Albright (1990) citado por Aradas (2001), calculando o balanço térmico de uma instalação, considerou diferentes formas de calor que entram e saem de uma instalação (Figura 2). São elas: o calor que atinge o abrigo via radiação solar, o calor sensível e latente liberado pelas próprias aves, o calor gerado por equipamentos e luzes em geral, o calor que entra e sai via ventilação natural ou forçada, o calor que sai da instalação por condução através do piso, paredes, janelas, cortinas e do telhado, e o calor latente produzido pela fermentação da cama, dos excrementos, e de qualquer forma líquida presente na instalação, provinda dos seus arredores.

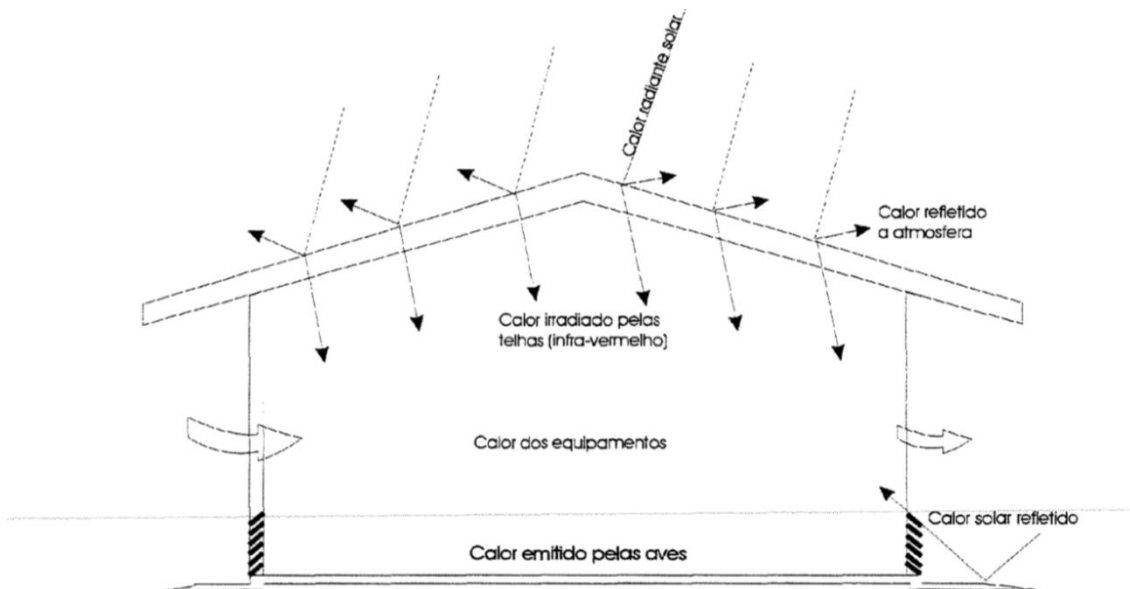


Figura 2. Esquema de balanço de calor numa instalação para aves (Fonte: ARADAS, 2001).

Segundo Franca et al. (2007), características construtivas como a cobertura, inclinação do telhado, forro, pintura, beiral, pé direito, tamanho do galpão, cuidados com o entorno e sistemas mecânicos, são meios da edificação rural que, ao serem estudados e aplicados de forma adequada, podem ser exigidos em determinadas épocas do ano para solucionar os problemas do bioclima em caráter permanente.

Oliveira et al. (2000) ressaltaram que a quantidade de radiação que chega até as aves é o fator mais importante na manutenção do conforto térmico, a qual é determinada pelo tipo de material de cobertura ou pela presença de um isolante térmico que, de maneira geral, é um dos meios mais econômicos de melhorar as condições ambientais em edificações.

Tinôco (2001) realizou uma profunda análise da ambiência em aves e constatou que basicamente não era dada nenhuma atenção ao acondicionamento térmico natural, que é a técnica que baliza os procedimentos construtivos para que os espaços habitados apresentem as condições térmicas exigidas pelo animal, utilizando ao máximo os recursos da própria natureza, como a ventilação natural e o paisagismo circundante e os recursos dos materiais de construção e da concepção arquitetônica.

O mesmo autor ainda ressalta que esta pouca observância ao acondicionamento térmico natural é grave, uma vez que, por se tratar de instalações abertas, essa seria a forma mais eficaz de se resolver os problemas térmicos decorrentes dos alojamentos avícolas. Vale a ressalva de que, basicamente, o único envoltório que separa a ave do ambiente externo é a cobertura, já que



as cortinas laterais são muito débeis e não conseguem isolar em nada o galpão, sendo sempre prejudiciais nos períodos quentes, pois barram a ventilação natural. Esses aspectos ilustram a importância que assume a adequada escolha dos materiais de cobertura e suas associações, bem como a concepção arquitetônica e o paisagismo circundante, os quais têm a finalidade de, em conjunto, amenizar as adversidades climáticas, tanto para os períodos de frio, quanto de calor.

De acordo com Nããs (1989), um desempenho térmico satisfatório da edificação com a utilização apenas de recursos naturais pode não ser possível em condições climáticas muito rígidas. Mesmo nesses casos devem-se procurar propostas que maximizem o desempenho térmico natural, pois assim pode-se reduzir a potência necessária dos equipamentos de refrigeração, visto que a quantidade de calor a ser retirada do ambiente resultará menor.

Tinôco (2001) constatou que a frequente situação de elevadas temperaturas dentro dos galpões avícolas brasileiros, que geram desconforto térmico quase permanente às aves e prejuízo considerável à produção, é devida mais à má concepção, adequação e escolha dos materiais e técnicas de construção do alojamento avícola, do que propriamente ao clima.

Menegali et al. (2009) relataram que para manter a competitividade, a indústria avícola brasileira além dos investimentos já realizados em genética, nutrição e manejo, passou também a buscar nas instalações e no ambiente, possibilidades de melhoria no desempenho das aves e redução de custos de produção.

## **2.7. O material de cobertura**

Cada material apresenta características únicas de condutividade térmica, sendo alguns bons isolantes térmicos (isopor, fibra de vidro, argila) e outros maus, ou seja, permitem que o calor ou o frio atravessem sua estrutura sem qualquer resistência (NÃÃS, 1989).

Ferreira (2005) observou que a radiação solar representa aproximadamente 75% da carga térmica transferida, sendo o material de cobertura, a orientação da construção, a projeção do telhado, a insolação e a vegetação presente na circunvinhança, os principais fatores que interferem nessa transferência térmica.

Silva et al. (1991) ressaltaram que entre os fatores que influenciam o ambiente interno dos galpões estão os telhados, principalmente devido à carga térmica de radiação incidente, decorrente do tipo de material de cobertura. Moraes (1999) corrobora com esta opinião quando diz que dentre as possíveis estratégias para a redução da CTR no interior de instalações zootécnicas, pode-se fazer uso de diferentes materiais de cobertura.

Segundo Conceição et al. (2008), o tipo de material determinará a quantidade de radiação que passará para dentro da construção, contribuindo para elevação da temperatura no seu interior e, que nos aviários, a este calor se soma o calor latente e sensível produzido por cada ave aumentando ainda mais a carga térmica radiante e, conseqüentemente, a temperatura interna do ar.

Herrera (2008) afirmou que nas instalações zootécnicas, a maior parte exposta à radiação solar é o telhado, o qual absorve grande parte desta energia e a transfere para o interior das instalações, aumentando os ganhos térmicos e, conseqüentemente, elevando a temperatura interna.

De acordo com Rivero (1994) citado por Tinôco (2001), a cobertura ideal de instalações para animais nas condições brasileiras deve apresentar grande capacidade para refletir a radiação solar, ter considerável capacidade de isolamento térmico e capacidade de retardo térmico em torno de 12 horas. Com essas características, a pequena quantidade de radiação solar absorvida pela telha terá dificuldade em atravessar o material e, ao fazê-lo, atingirá seu interior com defasagem em torno de 12 horas, aquecendo o ambiente interior quando a temperatura deste estiver mais baixa.

Bond et al. (1961) citado por Tinôco (2001) observou que a quantidade de carga térmica de radiação devido ao material de cobertura e sua sombra detém mais de 50% da radiação térmica total. E ainda, Baêta & Souza (2010) ressaltaram que nas condições brasileiras, o sombreamento proveniente de coberturas pode reduzir cerca de 30% ou mais da CTR no interior de instalações para animais.

Pereira (2007) relatou que a escolha do material de cobertura é importante para o conforto térmico das instalações, favorecendo a eficiência alimentar, o controle de enfermidades e parasitas, a produtividade e, principalmente, o desenvolvimento dos animais.

Segundo Nããs (2005), os fatores construtivos mais importantes de uma edificação em criação intensiva são a orientação das edificações e o material utilizado na construção da cobertura.

Lana (2000) ressalta a importância da inclinação do telhado, pelo fato desta afetar o acondicionamento térmico ambiental no interior do galpão em dois pontos básicos: mudando o coeficiente de forma correspondente às trocas de calor por radiação entre o animal e o telhado; e modificando a altura entre as aberturas de entrada e saída de ar (lanternim). Quanto maior a inclinação, maior será a ventilação natural, devido ao termossifão. Segundo o autor, inclinações

entre 20 e 30° têm sido consideradas adequadas, atendendo condicionantes estruturais e térmicos ambientais.

Normalmente, recomenda-se escolher, para o telhado, um material com grande resistência térmica, como a telha de cerâmica, pois apresenta o melhor desempenho em condições de temperaturas elevadas. Quando comparadas às telhas de fibrocimento, alumínio, etc.; porém deve-se ressaltar a dificuldade de limpeza neste tipo de cobertura e analisar a relação custo e benefício (LANA, 2000). Ainda de acordo com o autor, a absorção de calor solar radiante pela telha é diretamente proporcional à sua superfície real exposta, por isso deve-se, para um mesmo material, dar preferência às telhas não rugosas.

Diante do exposto, mostra-se relevante o desenvolvimento de experimentos que avaliam os índices térmicos proporcionados por diferentes materiais de cobertura, dessa forma, é possível determinar quais materiais proporcionam índices climáticos próximos aos ideais dentro dos galpões, favorecendo o desenvolvimento pleno das aves, e assim, gerando maiores lucros aos produtores e os auxiliando na escolha do material de cobertura mais adequado para determinada região ao se construir um galpão avícola.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Local do experimento

O experimento foi conduzido na Fazenda Água Limpa (área experimental pertencente à Universidade de Brasília – UnB), situada a uma altitude média de 1.080 m, entre os paralelos 15° 54' e 15° 54' de latitude sul e entre os meridianos 47° 59' e 47° 53' de longitude oeste, localizada na região de Vargem Bonita. De acordo com Köppen, em sua classificação do clima a área apresenta clima tipo Aw, tropical úmido com temperatura máxima de 28,5°C e mínima de 12°C e precipitação média anual de 1.500 mm, com uma pronunciada estação seca de Julho a Setembro.

#### 3.2. Descrição dos tratamentos

Para cada modelo foi utilizado um diferente material de cobertura: telha de cerâmica, telha de fibrocimento e telha de PVC. As inclinações utilizadas foram as recomendadas pelos fabricantes. Considerou-se também o código AMB para representar o ambiente externo aos modelos, que compreende a área ao redor da estação meteorológica. Na Tabela 1 é possível observar os tratamentos utilizados.

Tabela 1. Descrição dos tratamentos utilizados no estudo, em modelos reduzidos de galpões avícolas

<b>CÓDIGO</b>	<b>DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS</b>
CE 30	Modelo reduzido com 30° de inclinação, 1,10 m de altura, 1,50 m de comprimento, 1,20 m de largura e pé direito de 0,35 m. Cobertura de cerâmica do tipo capa-canal, com 12 mm de espessura.
FC15	Modelo reduzido com 15° de inclinação, 1,10 m de altura, 1,50 m de comprimento, 1,20 m de largura e pé direito de 0,35 m. Cobertura de fibrocimento de perfil ondulado com 6 mm de espessura, 57 mm de altura total da onda e 177 mm de intervalo entre a crista das ondas.
PVC15	Modelo reduzido com 15° de inclinação, 1,10 m de altura, 1,50 m de comprimento, 1,20 m de largura e pé direito de 0,35 m. Cobertura de PVC do tipo minionda, de cor cerâmica, com 1,3 mm de espessura, 17 mm de altura total da onda e 65 mm de intervalo entre a crista das ondas.

### 3.3. Construção dos modelos

Foram utilizados três modelos de galpões avícolas (em escala reduzida) baseando suas dimensões em galpões comerciais utilizados na avicultura de corte. Galpões comerciais apresentam, de maneira geral, largura de 12 metros, comprimento de 120 metros, pé-direito de 3,5 metros, espaçamento entre tesouras de 5 metros, beiral de 2 metros e muretas de 0,15 metros. Com o processo de redução para a escala 1:10 as medidas dos modelos utilizadas foram: largura de 1,2 metros, comprimento de 1,5 metros – dever-se-ia utilizar 12 metros, entretanto foi utilizado 1,5 metros (equivalente a 3 módulos de 5m) conforme trabalhos de SANTOS et al. (2005) e FERREIRA JÚNIOR et al. (2009) - pé-direito de 0,35 metros, beiral de 0,20 metros e muretas de 1,5 cm. A estrutura foi reforçada com madeira de 3x3 centímetros. As faces leste e oeste dos modelos foram fechadas, sendo que as laterais norte e sul ficaram abertas a partir de uma altura de 1,5 cm, que corresponde as muretas de 15 cm encontradas nos galpões comerciais.

Os três modelos foram construídos fazendo-se uso de madeira compensada branca, de espessura de 10 mm, com o uso de parafusos para madeira e também de caibros de 3x3cm, tanto para fixação da madeira compensada como também para constituição do madeiramento de suporte para os materiais de cobertura.

Na Figura 3 visualizam-se os modelos reduzidos com as suas respectivas telhas. Na Figura 4 visualiza-se a planta baixa dos modelos e os cortes verticais.



Figura 3. Imagens coletadas durante a preparação dos modelos: (a) modelo a campo com telha de cerâmica; (b) modelo a campo com telha de fibrocimento; (c) modelo a campo com telha de PVC.

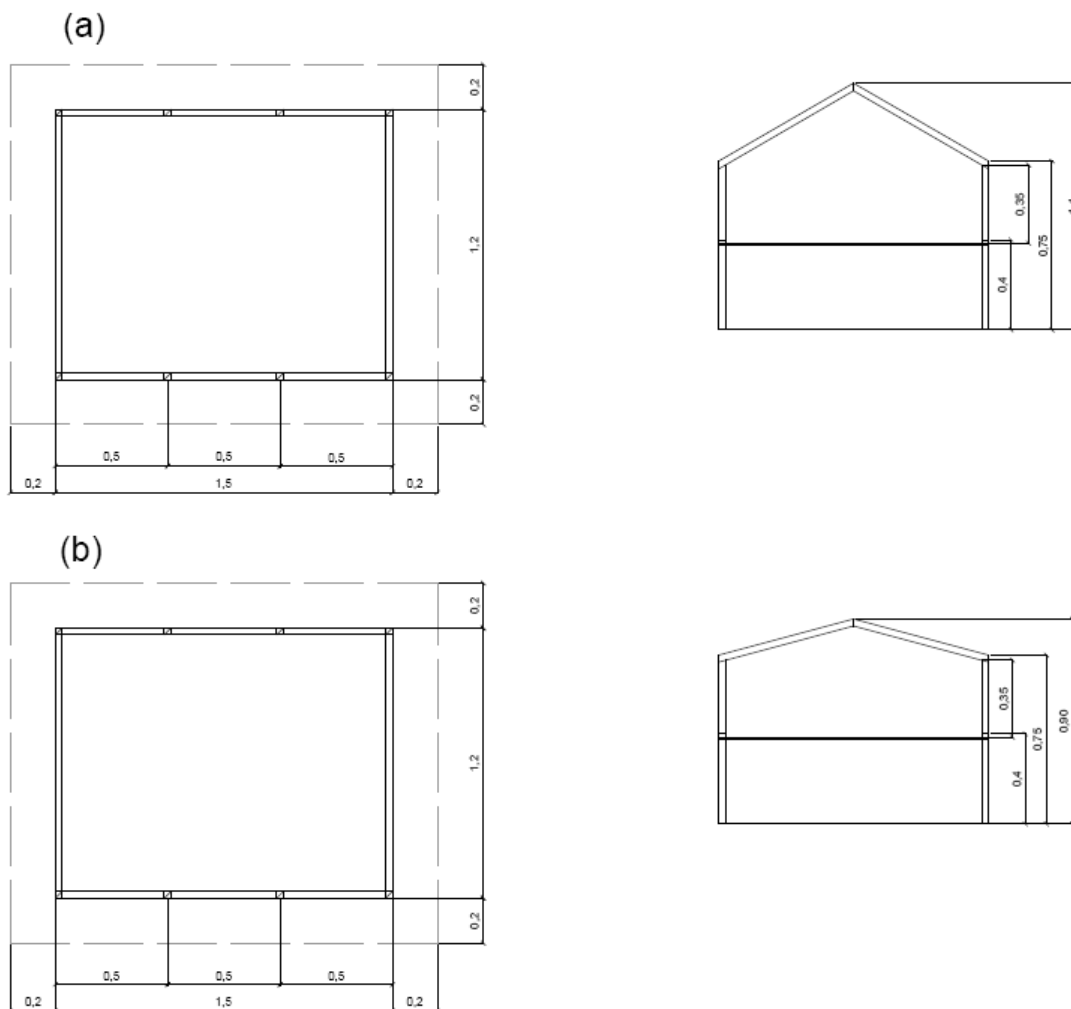


Figura 4. Representação gráfica dos modelos reduzidos por meio de uma planta baixa e corte vertical, indicando a inclinação do telhado de (a) 30° e (b) 15°.

O acabamento dos modelos foi feito com o uso de tinta acrílica branca, solúvel em água, com duas demãos, aplicadas tanto na parte interna quanto na parte externa dos modelos.

### 3.4. Instrumentação

Quanto à instrumentação, externamente às instalações, por meio de uma estação meteorológica foram dispostos equipamentos para coleta de dados de temperatura do bulbo seco (Tbs), temperatura do globo negro (Tgn), umidade relativa do ar (UR) e velocidade do vento (vv). Internamente aos modelos reduzidos, foram dispostos também equipamentos para a coleta destes mesmos dados.

Os instrumentos instalados internamente aos modelos reduzidos procuraram compreender uma área considerada útil dentro do aviário, representando a altura média das aves (cerca de 30 cm); os equipamentos de coleta de dados de Temperatura do globo negro (Tgn), Temperatura do bulbo seco (Tbs), Umidade Relativa do ar (UR) e velocidade do vento (vv) foram alocados com uma altura de 3 cm, para a equivalência mediante a escala na qual os modelos foram construídos, além de estarem centralizados dentro das instalações para evitarem maiores interferências externas. Além disto, todos esses instrumentos foram instalados e testados em campo com o intuito de verificar seu funcionamento, além de adequação a metodologia proposta.

Para a medição de temperatura e umidade relativa do ar, dentro dos modelos reduzidos, foram utilizados registradores de temperatura e umidade – dataloggers – modelo HOBO U12-011, da marca Onset. Tal aparelho trabalha em uma faixa de temperatura entre  $-20^{\circ}\text{C}$  a  $70^{\circ}\text{C}$  e umidade relativa do ar entre 5% a 95%, com resoluções respectivas de  $0,03^{\circ}\text{C}$  e 0,03%. Dentro de cada modelo foi posicionado um datalogger, programado para coletar dados de hora em hora. Seu posicionamento foi padronizado e os mesmos sincronizados. Já os dados do ambiente externo aos modelos foram coletados por meio de uma estação meteorológica, com sensores da marca Vaissala, modelo HMP155, posicionados à altura de 2,14m.

Termopares do tipo K com bitola de 2x24, isolamento de PVC e dentro de uma faixa de leitura que varia entre  $-50^{\circ}\text{C}$  a  $1.650^{\circ}\text{C}$  foram dispostos internamente aos globos negros, instalados dentro de cada modelo de galpão (com diâmetro de 5,08 cm), assim também como no globo negro posicionado no lado externo aos modelos (com diâmetro de 15,24 cm), ao lado da estação meteorológica e à uma altura de 1,50 m. Também foi feito uso de um termômetro digital da marca Salvterm, modelo 1.200K, com faixa de leitura entre  $-50^{\circ}\text{C}$  a  $1.300^{\circ}\text{C}$  (resolução de  $0,1^{\circ}$ ).

Para a medida da velocidade do vento no ambiente externo aos modelos foi utilizado um anemômetro de caneca, posicionado na estação meteorológica, também de marca Vaissala e modelo WMS302, posicionado à altura de 3,45m. Já para o interior dos modelos reduzidos a velocidade do vento foi medida através de um anemômetro de fio quente da marca Kimo, modelo VT100, com faixa de leitura entre 0,15 m/s a 3,0m/s, e resolução de 0,01m/s (este teve que ser movimentado a cada hora de leitura de um modelo para outro). Na Figura 5 visualizam-se alguns dos equipamentos utilizados e instalados para a coleta de dados.

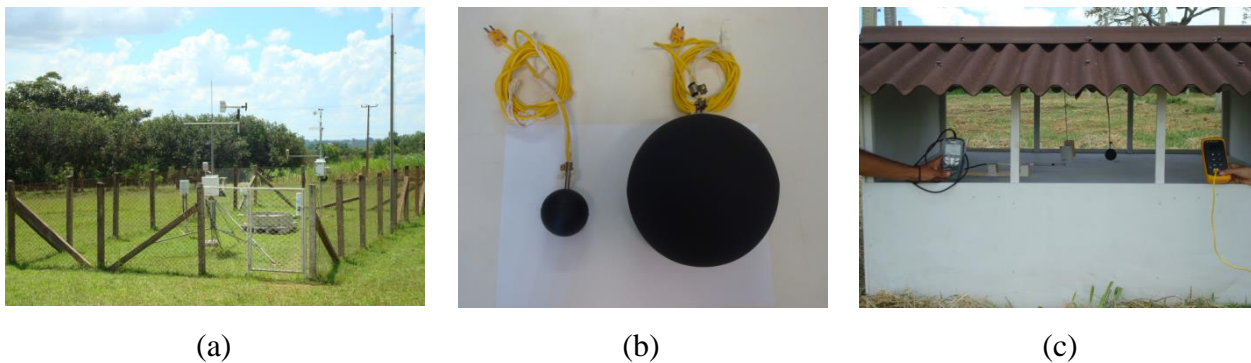


Figura 5. (a) estação meteorológica; (b) globos negros de diferentes diâmetros; (c) anemômetro de fio quente, datalogger (registrador de temperatura e umidade relativa) e globo negro com termopar e termômetro digital.

### 3.5. Índices térmicos

Além da análise individual de alguns dados coletados, foi calculado o ITGU: índice de temperatura de globo negro e umidade e a CTR: carga térmica radiante (Esmay, 1982) - conforme Equações 1,2 e 3, também citadas por Ferreira Junior et al. (2009) e Santos et al. (2005) - tanto externamente quanto internamente aos modelos de galpões avícolas, a fim de se concluir sobre a utilização de diferentes coberturas e seu efeito no ambiente interno da instalação. O ITGU foi proposto por Buffington et al. (1981), sendo o índice mais adequado para as regiões de clima quente, pelo fato de incorporar vários fatores climáticos (radiação, temperatura, umidade relativa e velocidade do ar) em um único valor.

$$ITGU = Tgn + 0,36Tpo - 330,08 \quad (1)$$

em que ITGU = índice de temperatura e umidade; Tgn = temperatura do globo negro (K); e Tpo = temperatura do ponto de orvalho (K).

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

$$TMR = 100[2,51 * (vv)^{0,5} * (Tgn - ta) + (Tgn)^4/100]^{1/4} \quad (3)$$

em que CTR = carga térmica radiante ( $w.m^{-2}$ );  $\sigma$  = constante de Stefan-Boltzman,  $5,67 \times 10^{-8}$  ( $w.m^{-2}.K^{-4}$ ); TMR = temperatura média radiante (K); vv = velocidade do vento,  $m.s^{-1}$ ; ta = temperatura ambiente (K).



### 3.6. Locação a campo

Com a construção dos modelos reduzidos e as instalações dos instrumentos de medição já listados, o próximo passo foi a alocação dos modelos no campo. Para a alocação destes, a área foi determinada devido suas características de relevo, com baixa inclinação, além da presença de gramado e da ausência de vegetação arbustiva e ou arbórea circundantes, permitindo conseqüentemente, boa condição de ventilação sem sombreamento.

Os modelos foram posicionados de forma não alinhada longitudinalmente no sentido leste-oeste conforme recomendado para as regiões de clima quente e afastados aproximadamente 10m entre si, conforme a Figura 6 e a Figura 7.

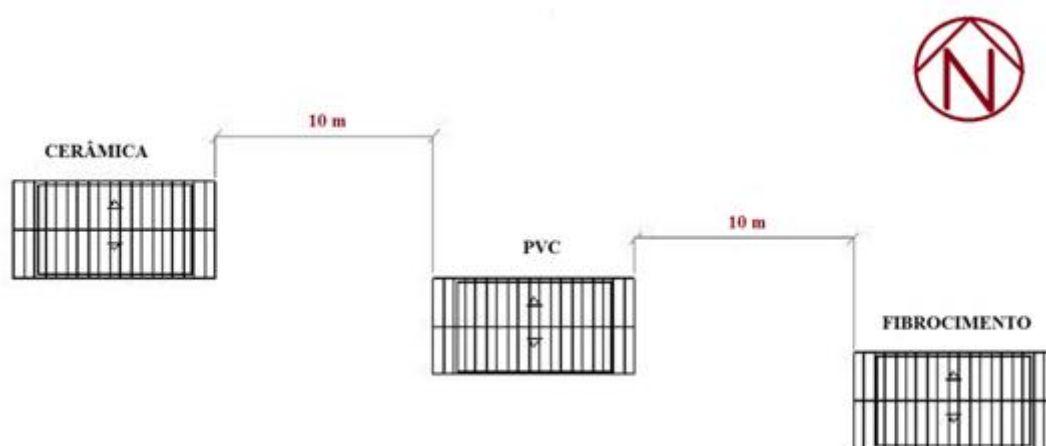


Figura 6. Arranjo dos modelos reduzidos em função dos tipos de cobertura.



Figura 7. Imagem coletada durante a alocação dos modelos reduzidos a campo respeitando seu posicionamento leste-oeste.

### **3.7. Coleta dos dados**

Pelo fato destes galpões serem instalados em uma região de clima quente, os dados foram medidos entre as 10 horas e as 16 horas, para o intervalo de uma hora. Foram considerados apenas os dados coletados para os dias de céu limpo (sem nuvens), por ser esta a condição onde se observam as máximas temperaturas (FERREIRA JÚNIOR et al., 2009). Os dados foram coletados entre os dias 01/05/2014 e 10/05/2014, exceto o dia 09/05/2014, pois neste dia o céu estava muito nublado.

### **3.8. Análise estatística**

Neste estudo foi utilizado o delineamento em blocos casualizados (DBC). Para tanto, os tratamentos foram dispostos em esquema de parcelas subdivididas, com nove repetições (dias de medição), atribuindo às parcelas os modelos construídos em escala reduzida com as diferentes coberturas, e às subparcelas, os horários de medição. As médias de ITGU e CTR para os tratamentos foram comparadas por meio do teste de Skott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade, com o uso do programa Assistat 7.7 Beta (SILVA & AZEVEDO, 2009).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 são apresentados os valores das variáveis climatológicas e da Temperatura de globo negro (Tgn) obtidos durante a realização do estudo. O tratamento CE30 foi o que apresentou o menor valor tanto de Temperatura de bulbo seco (Tbs) quanto de Tgn e o tratamento PVC15 os maiores valores tanto para a Tbs quanto para a Tgn, indicando que a telha de CE30 proporciona menor aquecimento do ambiente interno em comparação com as outras telhas testadas. Observa-se também que no ambiente externo (AMB) foram encontrados os maiores valores de Tgn, devido a exposição direta ao sol que sofreu o globo negro, localizado próximo a estação meteorológica.

Tabela 2. Valores médios e desvios padrão das variáveis climáticas e Temperatura de globo negro para os diferentes tratamentos

Tratamentos	Tbs (°C)	UR (%)	vv (m/s)	Tgn (°C)
CE30	26,82 ± 1,79	49,55 ± 6,06	0,42 ± 0,26	25,73 ± 1,24
FC15	27,29 ± 1,85	47,48 ± 6,32	0,36 ± 0,21	26,41 ± 1,79
PVC15	27,77 ± 1,94	46,85 ± 6,15	0,44 ± 0,31	26,72 ± 1,37
AMB	25,29 ± 1,32	50,47 ± 6,19	1,72 ± 0,70	37,92 ± 3,89

Segundo Macari e Furlan (2001), a faixa ótima, crítica inferior e superior de Tbs para frango de corte é de 21 a 24°C, 15 e 35°C, respectivamente. Considerando esses valores, pode-se dizer que a média de nenhum tratamento ficou dentro da faixa ótima de conforto térmico, porém nenhum excedeu as faixas críticas. Ainda segundo os autores, o valor de umidade relativa média ideal para frangos de corte na sexta semana é de 60%, e os extremos podem variar entre 40 e 80%.

Na Tabela 3 são demonstrados os valores da análise de variância para ITGU e CTR correspondentes aos tratamentos e horários de medições. Verificou-se, com base nesses dados, que houve diferença significativa ( $p < 0,01$ ) entre os tipos de cobertura utilizados nos modelos reduzidos. Também houve diferença estatística significativa para os horários de medição, ou seja, nas subparcelas. Isso ocorreu tanto para o ITGU quanto para a CTR. Porém, ocorreu também interação estatisticamente significativa ( $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ ) entre as telhas e horários. Ainda analisando a Tabela 3, percebe-se a baixa variabilidade dos valores observados em

relação às médias, uma vez que os coeficientes de variação para as parcelas e subparcelas foram, respectivamente, de 0,77 e 1,34% para o ITGU e 1,86 e 2,92% para a CTR.

Tabela 3. Resumo da análise de variância do ITGU e CTR em relação aos tratamentos (CE30, FC15, PVC15) e os horários de medição

FV	GL	Quadrados Médios	
		ITGU	CTR (W.m <sup>-2</sup> )
Blocos	8	16,58 **	777,91 **
Telhas (a)	2	15,52 **	901,99 **
Erro (a)	16	0,31	68,98
Horários (b)	6	35,77 **	833,84 **
Telhas x horários	12	2,04 *	399,11 **
Erro (b)	144	0,97	170,01
CV (%) Erro (a)		0,77	1,86
CV (%) Erro (b)		1,34	2,92

\*\*significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ ) pelo teste Scott-Knott; \* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ ) pelo teste Scott-Knott.

No que tange o estudo das coberturas e os horários de medição, Santos et al. (2005), Ferreira Júnior et al. (2009), Fiorelli et al. (2010) e Silva et al. (2013) encontraram resultados semelhantes estatisticamente. Porém, quanto à interação entre telhas e horários, os resultados encontrados discordam com os resultados encontrados por esses autores, que não constataram interação significativa entre os fatores. Mas os resultados quanto à interação entre parcelas e subparcelas reforçam os encontrados por Conceição et al. (2008), que constataram interação estatística significativa tanto para ITGU ( $p < 0,05$ ) quanto para CTR ( $p < 0,01$ ). A interação entre telhas e horários é apresentada na Tabela 4.

Tabela 4. Resultados médios de ITGU para as diferentes telhas e horários de medição

TRAT	HORÁRIO						
	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00
CE30	70,58 bC	72,06 bB	72,7 bB	73,61 aA	73,63 aA	73,03 aB	72,79 aB
FC15	70,25 bC	71,97 bB	73,63 aA	74,17 aA	74,45 aA	74,21 aA	73,84 aA
PVC15	71,89 aC	73,4 aA	74,08 aA	74,74 aA	74,52 aA	73,56 aB	73,13 aB

Médias seguidas pela mesma letra, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Para CE30, os horários com maior valor de ITGU foram as 13 e 14 horas, sendo que estes horários diferiram significativamente dos demais. Para o tratamento FC15, os maiores valores de ITGU foram observados entre as 12 e 16 horas, os quais não diferiram estatisticamente. No tratamento PVC15 a faixa de horário com maior ITGU foi entre 11 e 14 horas.

Comparando-se as telhas dentro de cada horário, percebeu-se que às 10 e 11 horas, o tratamento PVC15 apresentou os maiores valores de ITGU, diferindo-se estatisticamente dos demais. Para as 12 horas, o menor ITGU foi encontrado no tratamento CE30 e o maior nos tratamentos FC15 e PVC15, os quais não diferiram estatisticamente. Para os demais horários todos os tratamentos apresentaram comportamento estatístico semelhante.

De acordo com Tinôco (1988), valores de ITGU superiores a 75 causam desconforto nas aves acima de quinze dias de vida, sendo que a situação de estresse se agrava à medida que as aves se desenvolvem. Segundo Teixeira (1983), os valores de ITGU entre 65 e 77 não afetaram o desenvolvimento de frangos de corte da terceira à sexta semana de criação. Já Moraes et al. (1999) analisando o conforto térmico em modelos reduzidos de galpões avícolas, para diferentes coberturas, durante o verão, na região de Viçosa-MG, observou que o limite máximo tolerado sem estresse para frangos de corte com mais de três semanas de idade para o ITGU é de 76.

A Figura 8 mostra mais uma vez o comportamento do ITGU no interior dos modelos cobertos com diferentes tipos de telha e também no ambiente externo, durante a faixa horária considerada no estudo, além de indicar o limite crítico superior e inferior de conforto térmico para as aves.

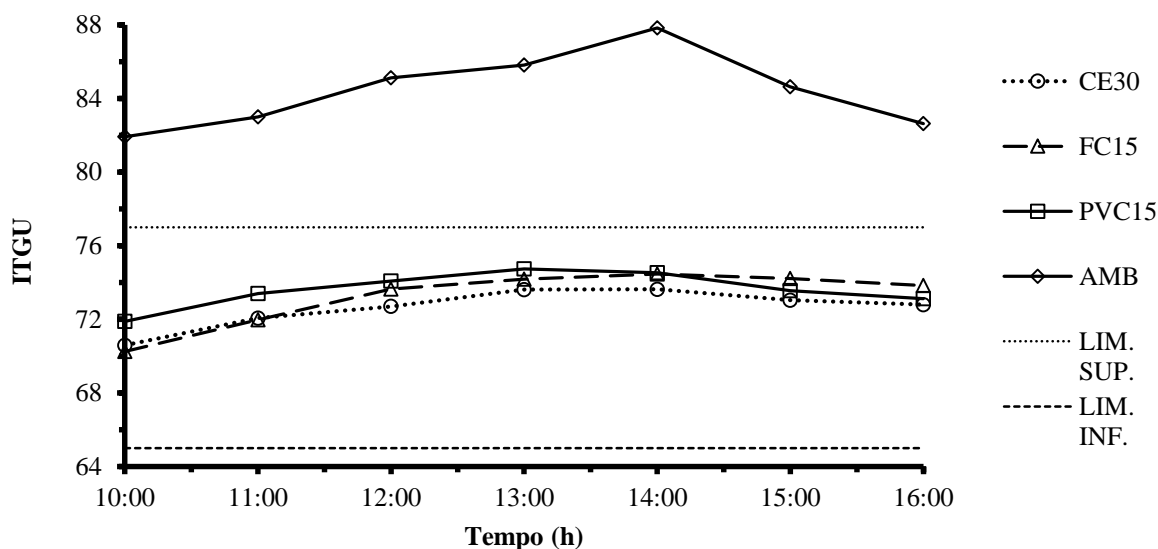


Figura 8. Representação dos valores médios do índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU), em função dos horários, correspondentes a cada tipo de cobertura e ao ambiente externo.

Os valores de ITGU se mostraram crescentes a partir das 10 horas, atingindo os valores máximos às 13 horas, decrescendo até às 16 horas, tanto para o ambiente interno aos modelos como para o externo. Esse comportamento diário dos valores do ITGU também foi verificado por Tinôco (1996) e Furtado et al. (2003).

A telha de fibrocimento possibilitou resultados menores de ITGU quando comparada a telha PVC, das 10 às 13 horas, talvez pelo fato da telha de fibrocimento ser mais espessa e com ondulações maiores, resultando numa maior resistência térmica. Isso também pode explicar o fato da cobertura de fibrocimento demorar mais que as outras para resfriar ao final do dia, onde essa telha apresentou os maiores valores de ITGU, porém sem diferença significativa. De acordo com Castro (2012), uma maneira de diminuir o ITGU em instalações onde se usa telhas de fibrocimento seria pintando-as de branco. Assim, a refletividade desse material aumenta, favorecendo uma menor absorção de energia térmica, tornando o comportamento similar ao das telhas de cerâmica, que possuem menor capacidade de transmissão de calor. Os resultados para o índice CTR são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. CTR ( $\text{W.m}^{-2}$ ) para diferentes telhas e horários de medição

TRAT	HORÁRIO						
	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00
CE30	439,9 bA	440,54 aA	445,63 aA	451,18 aA	446,11 aA	435,84 bA	440,32 bA
FC15	434,03 bB	437,79 aB	456,71 aA	455,17 aA	454,99 aA	453,58 aA	454,31 aA
PVC15	452,53 aA	449,23 aA	456,91 aA	457,61 aA	450,30 aA	434,27 bB	443,29 bB

Médias seguidas pela mesma letra, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

O tratamento FC15 teve valores mais elevados de CTR que os demais tratamentos a partir das 14 horas, sendo que entre 10 e 13 horas os maiores valores de CTR foram observados para PVC15. Observou-se também que para o tratamento CE30 a CTR não diferiu estatisticamente entre os horários estudados.

Quando se comparam os tratamentos para os diferentes horários, verifica-se que as 11, 12, 13 e 14 horas não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos. Às 10 horas os melhores resultados foram observados para os tratamentos CE30 e FC15, os quais diferiram estatisticamente do tratamento PVC15. Às 15 e 16 horas os melhores resultados corresponderam aos tratamentos CE30 e PVC15. Na Figura 9 estão representados os valores médios para a CTR, em função dos horários, para as diferentes coberturas utilizadas, e do ambiente externo, além de evidenciar o limite crítico superior de conforto térmico para as aves.

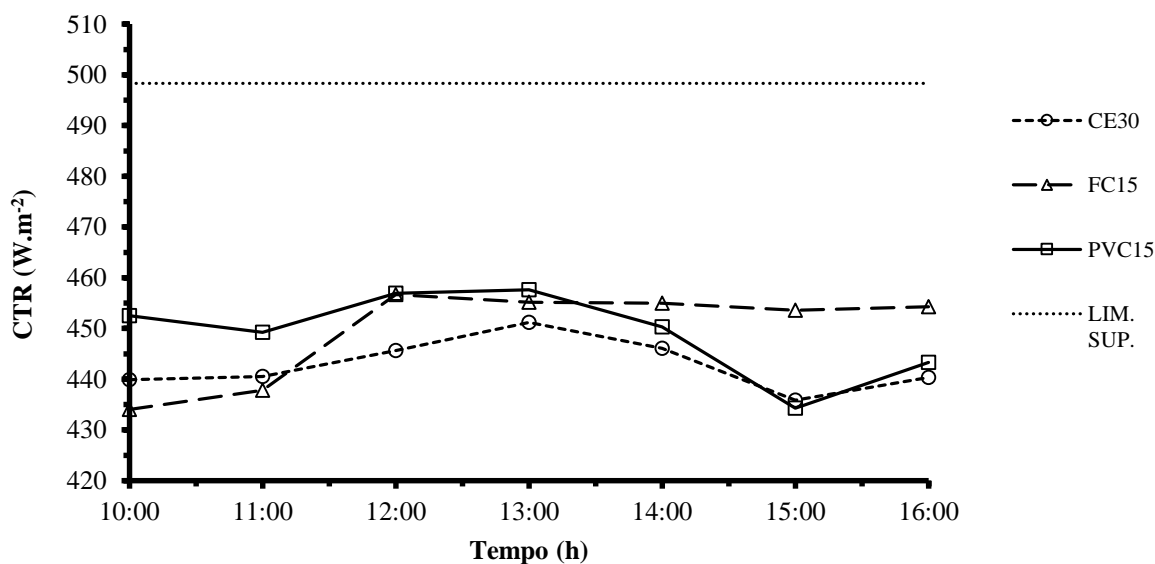


Figura 9. Representação dos valores médios da carga térmica radiante (CTR), em função dos horários, para cada tipo de cobertura.

Rosa (1984) usou o valor de  $498,3 \text{ W/m}^2$  como indicativo de conforto térmico para telha cerâmica, com isso, pode-se afirmar que a média do tratamento cerâmica manteve-se dentro da zona de conforto térmico. Extrapolando essa faixa de conforto aos demais tratamentos, verifica-se que também apresentaram resultados satisfatórios em relação à CTR, sempre abaixo do limite crítico de conforto térmico para frangos de corte.

A telha cerâmica sempre obteve os melhores resultados tanto para ITGU quanto para CTR, ora indiferente da telha de fibrocimento ora indiferente da telha de PVC, sendo que na maior parte dos horários mais quentes as três telhas não diferiram estatisticamente. Comportamento semelhante da telha cerâmica foi relatado por Jácome et al. (2007) ao estudar os índices de conforto térmico de instalações para poedeiras no nordeste do Brasil, onde a telha cerâmica apresentou menores valores de CTR quando comparada a telha de cimento-amianto e, conseqüentemente, melhor conforto térmico para as aves.



## **5. CONCLUSÕES**

Para o período compreendido entre 13 e 14 horas, não houve diferença estatística significativa tanto para ITGU quanto para CTR, para as três telhas testadas.

Para o período e região deste estudo, de acordo com os dados obtidos de ITGU e CTR, a telha cerâmica sempre obteve os melhores resultados, ora indiferente da telha de fibrocimento ora indiferente da telha de PVC.

Os valores encontrados para Temperatura de bulbo seco e Temperatura de globo negro para as diferentes telhas testadas permitem inferir que a telha cerâmica proporcionou um ambiente com melhores condições de temperatura.

Recomenda-se a avaliação da viabilidade econômica de cada material de cobertura para a escolha de um destes, além da realização de testes em condições mais extremas de temperatura.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARADAS, M. E. C. **Avaliação do controle do ambiente em galpões de frangos de corte criados em alta densidade**. 2001. 106p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.
- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. Editora UFV, 2010.
- BORGES, S. A.; MAIORKA, A.; SILVA, A. F. V. Fisiologia do estresse calórico e a utilização de eletrólitos em frangos de corte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.5, p.975-981, 2003.
- BROSSI, C.; CONTRERAS-CASTILLO, C. J.; DE ALMEIDA AMAZONAS, E.; MENTEN, J. F. M. Estresse térmico durante o pré-abate em frangos de corte. **Ciência Rural**, v.39, n.4, p.1284-1293, 2009.
- BUFFINGTON, D. E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G. H.; PITT, D.; THATCHER, W. W.; COLLIER, R. J. Black globe-humid index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transactions of ASAE**, v.24, p.711-14, 1981.
- CARNEIRO, F. L. **Análise dimensional e teoria da semelhança e dos modelos físicos**. Editora UFRJ, Rio de Janeiro, p.256, 1993.
- CASSUCE, D. C. **Determinação das faixas de conforto térmico para frangos de corte de diferentes idades criados no Brasil**. 2011. 91p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- CASTRO, J. O.; FERREIRA, R. A.; SANTOS, G. C.; SOUSA, F. A.; AGUIAR, E. F.; ALMEIDA, A. K.; SOUZA, C. V. **Índice de temperatura e umidade para avicultura no vale do jequitinhonha-Mg**. Universidade Federal do Vale do Jequitinhonha e Mucuri. Diamantina – MG, 2009.
- CASTRO, A. C. **Avaliação da eficiência térmica de materiais utilizados como sistemas de cobertura em instalações avícolas**. 2012. 97p. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, 2012.
- CONCEICAO, M.; ALVES, S. P.; JÚNIOR, A. T.; SILVA, I. J. O.; PIEDADE, S. M. S.; JÚNIOR, H. S.; TONOLI, G. Desempenho de telhas de escoria de alto forno e fibras vegetais em protótipos de galpões. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.5, p.536, 2008.
- ESMAY, M. L. **Principles of animal environment**. 2.ed. Westport: AVI Publishing Company Inc, p.325, 1982.
- FERREIRA, R. A. **Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 371p. 2005.
- FERREIRA JUNIOR, L.G.; YANAGI JUNIOR, T.; DAMASCENO, F.; SILVA, E.; SILVA, G.C.A. Ambiente térmico no interior de modelos físicos de galpões avícolas equipados com câmaras de ventilação natural e artificial. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa – MG, v.27, n.3, p.166-178, 2009.
- FIORELLI, J.; FONSECA, R. D.; MORCELI, J. A.; DIAS, A. A. Influência de diferentes materiais de cobertura no conforto térmico de instalações para frangos de corte no oeste paulista. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.5, p.986-992, 2010.
- FRANCA, M. L.; CAMERINI, N. L.; MENDES, L. B.; SILVA, V. R.; FURTADO, D. A. Diagnóstico bioclimático para aves de corte no município de campina grande - PB. **Revista Educação Agrícola Superior**, v.22, p.53-56, 2007.
- FURLAN, R. L.. Influência da temperatura na produção de frangos de corte. **Simpósio Brasil Sul de Avicultura**, v.7, p.104, 2006.

FURTADO, D. A.; AZEVEDO, P. V.; TINÔCO, 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, 2003.

GONZÁLEZ, F. H. D.; AIDA, K. S.; MAHL, D.; GIANNESI, G.; KRONBAUER, E. Influência de doenças metabólicas em frangos de corte no sul do Brasil e uso do perfil bioquímico sanguíneo para o seu estado. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**. Campinas – SP, v.3, n.2, 2001.

HERRERA, Q. J. A. **Aplicação da climatologia dinâmica ao estudo do comportamento térmico das edificações, caso específico: telhas produzidas a partir da reciclagem de caixas acartonadas**. 2008. 142p. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciência da Engenharia Ambiental, Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada) – Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estatística da Produção Pecuária: Dezembro de 2013**. 49p. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/producaoagropecuaria/abat-e-leite-couro-ovos\\_201303\\_publ\\_completa.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/producaoagropecuaria/abat-e-leite-couro-ovos_201303_publ_completa.pdf) . Acessado em: 10/06/2014.

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**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.11, n.5, p.527-531, 2007.

JENTZSCH, R.; BAÊTA, F. C.; TINÔCO, I. F. F.; DAMASCENO, F. A.; CECON, P. R.; SARAZ, J. A. O. Predição de parâmetros térmicos ambientais no interior de modelos físicos em escalas reduzidas de galpões avícolas. **Interciência**, v.36, n.10, p.738-742, 2011.

LAGANA, C. **Otimização da produção de frangos de corte em estresse por calor**. 2005. 180p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

LANA, G. R. Q. **Avicultura**. Editora Rural, 2000.

MACARI, M.; FURLAN, R. L.; SILVA, I. J. O. Ambiência na produção de aves em clima tropical. **Ambiência na produção de aves em clima tropical**. Piracicaba: FUNEP, v.1, p.31-87, 2001.

MACHADO, N. S.; TINÔCO, I. F. F.; ZOLNIER, S.; MOGAMI, C. A.; DAMASCENO, F. A.; ZEVIANI, W. M. Resfriamento da cobertura de aviários e seus efeitos na mortalidade e nos índices de conforto térmico. **Nucleus**, v.9, n.2, 2012.

MENEGALI, I.; TINÔCO, I. F. F.; BAÊTA, F. C.; CECON, P. R.; GUIMARÃES, M. C. C.; CORDEIRO, M. B. Ambiente térmico e concentração de gases em instalações para frangos de corte no período de aquecimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, p.984-990, 2009.

MORAES, S. R. P.; TINÔCO, I. F. F.; BAÊTA, F. C.; CECON, P. C.; Conforto térmico em galpões avícolas, sob coberturas de cimento-amianto e suas diferentes associações. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.3, n.1, p.82-89, 1999.

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

MOURA, D. J. Ambiência na avicultura de corte. In: SILVA, I. J. O. **Ambiência na Produção de Aves em Clima Tropical**. p.75-149. FUNEP - Piracicaba, 2001.

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

NÄÄS, I. A. MIRAGLIOTTA, N. Y.; ARADAS, M. E. C.; SILVA, I. J. O. BARACHO, M. S. Controle e sistematização em ambientes de produção. **Ambiência na Produção de Aves em Clima Tropical**, v.1, p.165-200, 2001.

NÃÃS, I. A. Modelos de aviários de frango de corte em termos estruturais de isolamento. **Produção Animal – Avicultura; a Revista do Avisite**, Campinas, 2005. Disponível em: <http://www.avisite.com.br/cet/5/01/index.shtm>. Acesso em: 07/04/2014. Acessado em: 08/04/2014.

NASCIMENTO, S. T.; SILVA, I. J. O. **As perdas de calor das aves: entendendo as trocas de calor com o meio.** 2010. Disponível em: [http://diadecampo.com.br/arquivos/materias/%7BEBA8BDB-FA21-4298-89A5-F9824705B3F7%7D\\_Sheila\\_Tavares\\_Nascimento.pdf](http://diadecampo.com.br/arquivos/materias/%7BEBA8BDB-FA21-4298-89A5-F9824705B3F7%7D_Sheila_Tavares_Nascimento.pdf). Acessado em: 08/04/2014.

OLIVEIRA, J. E.; SAKOMURA, N. K.; FIGUEIREDO, A. N.; LUCAS JÚNIOR, J.; SANTOS, T. M. B. Efeito do Isolamento térmico de telhado sobre o desempenho de frangos alojados em diferentes densidades. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.1427-1434, 2000.

OLIVEIRA, R. F. M. D.; DONZELE, J. L.; ABREU, M. L. T. D.; FERREIRA, R. A.; VAZ, R. G. 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. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.797-803, 2006.

OLIVEIRA, C. E. G.; MARTIN, S.; ZANATTA, F. L.; RIBEIRO, A. C. F.; DAMASCENO, F. A. Características arquitetônicas e tecnológicas de galpões para criação de Frangos de corte no distrito federal. Nota Técnica. **Engenharia na Agricultura**. v. 22, n. 2, p.162-171, 2014.

PEIXOTO, R. A. F. **Desenvolvimento de placas de concretos leves de argila expandida aplicadas a coberturas de instalações para produção animal.** 2004. 157p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2004.

PEREIRA, C. L. **Avaliação do conforto térmico e do desempenho de frangos de corte confinados em galpão avícola com diferentes tipos de coberturas.** 2007. 1003p. Dissertação (mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2007.

RODRIGUES, E. H. V. **Desenvolvimento e avaliação de um sistema de resfriamento evaporativo, por aspersão intermitente, na cobertura de aviários usando modelos de escala distorcida.** 1998. 178p. Tese (Doutorado) - FEAGRI/UNICAMP, Campinas.

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

SANTOS, P. A. D.; YANAGI JUNIOR, T.; TEIXEIRA, V. H.; FERREIRA, L. Ambiente térmico no interior de modelos de galpões avícolas em escala reduzida com ventilação natural e artificial dos telhados. **Engenharia Agrícola**, v.25, n.3, p.575-584, 2005.

SEVEGNANI, K. B.; GHELFI FILHO, H.; SILVA, I. J. O. Comparação de vários materiais de cobertura através de índices de conforto térmico. **Scientia Agricola**, v.51, n.1, p.1-7, 1994.

SILVA, I. J. O.; GUELFI FILHO, H.; CONSIGLIERO, F. R. Influência dos materiais de cobertura no conforto térmico de abrigos. **Engenharia Rural**, v.1, n.2, p.43-55, 1991.

SILVA, F. A. S. AZEVEDO, C. A. V. Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance. In: **World congress on computers in agriculture**, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SILVA, M. G.; MARTIN, S.; GOMES, C. E.; MOSCON, E. S.; RIBEIRO, A. C. F. ITGU e efetividade em modelos reduzidos de galpões avícolas com diferentes materiais de cobertura. **Congresso brasileiro de agrometeorologia**, 2013.

TEIXEIRA, V. H. **Estudo dos índices de conforto em duas instalações de frango de corte para as regiões de Viçosa e Visconde do Rio Branco, MG.** 1983. 59p. Dissertação (Mestrado em Construções Rurais e Ambiente) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

TINÔCO, I. F. F. **Resfriamento adiabático (evaporativo) na produção de frangos de corte.** 1988. 92p. Dissertação (Mestrado em Construções Rurais e Ambiência) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1988.

TINÔCO, I. D. F. Conforto ambiental para aves: ponto de vista do engenheiro. In: II Simpósio Goiano de Avicultura. **Anais.** Goiânia, 1996, p.47-56.

TINÔCO, I. D. F. Avicultura industrial: novos conceitos de materiais, concepções e técnicas construtivas disponíveis para galpões avícolas brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.3, n.1, p.01-26, 2001.

UBABEF - União Brasileira de Avicultura. **Relatório anual de 2014.** União Brasileira de Avicultura, 2014.