

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**TELA DE SOMBREAMENTO E PINTURA EM TELHADOS  
DE MODELOS REDUZIDOS DE GALPÕES AVÍCOLAS**

**João Soares Gomes Filho**

Médico Veterinário

**JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL**

**Setembro - 2010**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**TELA DE SOMBREAMENTO E PINTURA EM TELHADOS  
DE MODELOS REDUZIDOS DE GALPÕES AVÍCOLAS**

**João Soares Gomes Filho**

**Orientador: Prof. Dr. Renato Luís Furlan**

**Co-orientador: Prof. Dr. Adhemar Pitelli Milani**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Zootecnia (Produção Animal).

**JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL**

**Setembro – 2010**

G633t Gomes Filho, João Soares  
Tela de sombreamento e pintura em telhados de modelos  
reduzidos de galpões avícolas / João Soares Gomes Filho. --  
Jaboticabal, 2010  
xiii, 66f. : il. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de  
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2010  
Orientador: Renato Luís Furlan  
Banca examinadora: Euclides Braga Malheiros, José Eduardo  
Pitelli Turco, Iran José Oliveira da Silva, Francisca Neide Costa  
Bibliografia

1. Modelos reduzidos de galpões avícolas. 2. Tela de  
sombreamento. 3. Índices de conforto térmico. I. Título. II. Jaboticabal-  
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 636.083.1

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento  
da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP,  
Câmpus de Jaboticabal.

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

**JOÃO SOARES GOMES FILHO**, filho de João Soares Gomes e Maria de Lourdes Forte, nasceu em 16 de fevereiro de 1969, em Fortaleza, estado do Ceará. Iniciou o curso de Medicina Veterinária na Universidade Estadual do Maranhão em 1989, concluindo em 1994. Em 1996 ingressou como professor do Departamento de Zootecnia da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). Em 1998 a 2000 realizou o curso de Especialização em Metodologia de Ensino de Terceiro Grau pela UEMA. Em 1998 a 2000 realizou o curso de Especialização em Produção de Suínos e Aves pela Universidade Federal de Lavras (UFLA) - MG. Em 1998 iniciou o Mestrado em Agroecologia pela UEMA, concluindo em 2002. Em março de 2008, iniciou o Doutorado na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV) da Universidade Estadual Paulista (UNESP) – Câmpus de Jaboticabal, através do Doutorado Interinstitucional (DINTER), entre a UNESP - Jaboticabal e a UEMA, com financiamento da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), concluindo em setembro de 2010. Em seu currículo Lattes, os temas principais de atuação são frango de corte, suinocultura e bioclimatologia.

## DEDICO

Aos meus pais, pelos ensinamentos e valores a mim concedidos e por me apoiarem nesta jornada.

À minha esposa, Márcia Soares Costa Gomes, pelo seu amor, pela supervisão nos prazos e cronogramas, revisão dos textos e apoio total, sem os quais este trabalho não teria sido conduzido e concluído da maneira que o foi.

Ao meu sobrinho Alberto Soares e Fonsêca pelos momentos de alegria.

Ao meu sogro, José Jerônimo da Costa (*in memoriam*), pela amizade, respeito e reconhecimento a mim dedicados.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, fonte de toda existência e o maior arquiteto do universo.

À Universidade Estadual Paulista (UNESP) e ao Programa de Pós Graduação em Zootecnia, Câmpus de Jaboticabal, pela oportunidade de realização deste curso.

À Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) pela oportunidade oferecida para ampliação de meus conhecimentos e fortalecimento da minha formação profissional.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudo concedida e financiamento parcial da pesquisa.

Ao Prof. Dr. Renato Luís Furlan, não só pela condução, mas também pelo exemplo de profissionalismo e dedicação que marcaram o nosso convívio durante o período de elaboração deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Adhemar Pitelli Milani pelo apoio, orientação e sugestões para o fortalecimento deste trabalho.

À Profa. Dra. Nilva Kazue Sakomura pela dedicação ao DINTER e por suas críticas e sugestões.

Ao Prof. Dr. Euclides Braga Malheiros, pela amizade e pelos esclarecimentos imprescindíveis nas análises estatísticas.

Ao Prof. Dr. José Ricardo Soares Telles de Souza pela amizade e apoio prestados à frente da Coordenação do DINTER pela UEMA.

Ao Prof. Dr. Iran José Oliveira da Silva pela honra de ter sido seu aluno e pelos esclarecimentos nos momentos de dúvida.

Aos Professores do DINTER que, em meio às suas inúmeras atividades, se deslocaram até São Luís e contribuíram para nossa formação.

Ao Prof. José de Ribamar dos Reis Ataíde pelo apoio no desenvolvimento dos experimentos realizados em São Luís.

Ao Prof. Dr. José Eduardo Pitelli Turco pela cessão do espaço físico e disponibilização dos equipamentos necessários à implantação dos experimentos.

Aos colegas de Curso, pelo companheirismo nesta jornada, em que muitas foram as dificuldades, mas ainda maior foi a nossa determinação em vencer.

Aos graduandos de curso de Zootecnia da UEMA: Dihego Silva Bonfim, Jorge Serrão Pinto Filho e Ítala Mayara Silva Araújo e à graduanda do curso de Medicina Veterinária da UEMA Elizângela Pinheiro Pereira pela amizade e importante ajuda na condução dos trabalhos de campo.

Aos servidores da UEMA: Raimundo Nonato Fernandes (DZ) e Andrea Helena Machado dos Santos (NUGEO), pelo auxílio na colheita dos dados.

Ao funcionário da UNESP Carlos Henrique Aleixo, pelo auxílio na montagem dos equipamentos e colheita dos dados.

Aos meus irmãos: Ricardo Soares Gomes e Andrea Soares Gomes pelo incentivo e força durante a realização deste trabalho.

E a todos os que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

I. LISTA DE ABREVIATURAS.....	iv
II. LISTA DE TABELAS.....	vi
III. LISTA DE FIGURAS.....	viii
RESUMO.....	x
ABSTRACT.....	xii
INTRODUÇÃO.....	1
REVISÃO DE LITERATURA.....	2
Temperatura ambiente.....	2
Radiação solar.....	3
Umidade relativa (UR).....	4
Ventilação.....	5
Modificações térmicas ambientais.....	7
Zona de conforto térmico.....	8
Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU).....	9
Carga Térmica de Radiação (CTR).....	10
Entalpia Específica (H).....	11
Recursos para redução do fluxo de calor através das coberturas.....	13
Sombreamento artificial dos telhados.....	13
Pintura dos telhados.....	15
Telha de fibrocimento sem amianto.....	16
Modelo reduzido de galpão avícola.....	18
EXPERIMENTO 1.....	21
OBJETIVO ESPECÍFICO.....	21

MATERIAL E MÉTODOS.....	21
Local.....	21
Instalação do experimento.....	22
Tratamentos.....	24
Colheita de dados.....	24
Instrumentação e medições das variáveis meteorológicas no interior dos modelos reduzidos.....	25
Temperatura de globo negro.....	25
Temperaturas de bulbo seco e bulbo úmido.....	25
Velocidade do ar.....	26
Cálculo dos índices térmicos ambientais.....	26
Correção dos valores de ITGU e CTR.....	27
Análise estatística.....	28
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
CONCLUSÃO.....	33
EXPERIMENTO 2.....	33
OBJETIVO ESPECÍFICO.....	33
MATERIAL E MÉTODOS.....	34
Local.....	34
Instalação do experimento.....	34
Tratamentos.....	34
Colheita de dados.....	35
Instrumentação e medições das variáveis meteorológicas no interior dos modelos reduzidos.....	36
Temperaturas de globo negro, de bulbo seco e bulbo úmido.....	36
Velocidade do ar.....	36
Cálculo dos índices térmicos ambientais.....	36
Análise estatística.....	37
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37

CONCLUSÃO.....	41
EXPERIMENTO 3.....	41
OBJETIVO ESPECÍFICO.....	41
MATERIAL E MÉTODOS.....	41
Local.....	41
Instalação do experimento.....	41
Tratamentos.....	42
Colheita de dados.....	42
Instrumentação e medições das variáveis meteorológicas no interior dos modelos reduzidos.....	42
Cálculo dos índices térmicos ambientais.....	43
Análise estatística.....	43
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
CONCLUSÃO.....	47
EXPERIMENTO 4.....	47
OBJETIVO ESPECÍFICO.....	48
MATERIAL E MÉTODOS.....	48
Local.....	48
Instalação do experimento.....	48
Tratamentos.....	48
Colheita de dados.....	48
Instrumentação e medições das temperaturas na cobertura dos modelos reduzidos.....	49
Análise estatística.....	49
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	50
CONCLUSÃO.....	54
REFERÊNCIAS.....	55

## I. LISTA DE ABREVIATURAS

BL: Bloco.

CR: Consumo de ração.

CT5CP: Com tela a 0,05m de altura da telha, com pintura.

CT5SP: Com tela a 0,05m de altura da telha, sem pintura.

CT8CP: Com tela a 0,08m de altura da telha, com pintura.

CT8SP: Com tela a 0,08m de altura da telha, sem pintura.

CTR: Carga Térmica de Radiação.

CTRcorr: Carga Térmica de Radiação corrigida.

CV P: Coeficiente de variação da parcela.

CV SP: Coeficiente de variação da subparcela.

EVA: Etileno-Acetato de Vinila.

GLM: *General Linear Models*.

GP: Ganho de peso.

H: Entalpia Específica.

h: Horário de colheita.

h máx: Horário máximo.

ITGU: Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade.

ITGUcorr: Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade corrigido.

Lin: Efeito linear.

Next: Norte, face externa.

Nint: Norte, face interna.

Pb: Pressão atmosférica.

p. ex.: por exemplo.

PS\*h: Interação posição e horário de colheita.

PS: Posição.

Qua: Efeito quadrático.

R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinação.

SAS®: *Statistical Analysis System*.

Sint: Sul, face interna.

ST: Sem tela.

STSP: Sem tela, sem pintura.

T50: Com tela, com 50% de sombreamento.

T80: Com tela, com 80% de sombreamento.

TA: Temperatura ambiente.

TBS: Temperatura de bulbo seco.

tbs: temperatura de bulbo seco.

tbu: temperatura de bulbo úmido.

TC\*h: Interação tipo de cobertura e horário de colheita.

TC\*PS\*h: Interação tipo de cobertura, posição e horário de colheita.

TC\*PS: Interação tipo de cobertura e posição.

TC: Tipo de cobertura.

TGD: Termômetro de Globo Digital.

tgn: temperatura de globo negro.

TRM: Temperatura Radiante Média.

UEMA: Universidade Estadual do Maranhão.

UNESP: Universidade Estadual Paulista.

UR: Umidade relativa.

v: velocidade do vento.

## II. LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Estatísticas obtidas na análise de variância para Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade corrigido (ITGUcorr), Carga Térmica de Radiação corrigida (CTRcorr) e Entalpia (H), nos modelos reduzidos simulando galpões avícolas, com tela de sombreamento de 50% e pintura de cor branca na face externa do telhado, em São Luís – MA, 2010..... 29
- Tabela 2.** Médias e tipo de efeito obtidos para Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade corrigido (ITGUcorr), Carga Térmica de Radiação corrigida (CTRcorr) e Entalpia (H) por tipo de cobertura, por horário de colheita, nos modelos reduzidos simulando galpões avícolas, com tela de sombreamento de 50% e pintura de cor branca na face externa do telhado, em São Luís – MA, 2010..... 31
- Tabela 3.** Equação ajustada; coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e horário máximo (h máx) obtidos para Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade corrigido (ITGUcorr), Carga Térmica de Radiação corrigida (CTRcorr) e Entalpia (H), nos modelos reduzidos simulando galpões avícolas, com tela de sombreamento de 50% e pintura de cor branca na face externa do telhado, em São Luís – MA, 2010..... 32
- Tabela 4.** Estatísticas obtidas na análise de variância para Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU), Carga Térmica de Radiação (CTR) e Entalpia (H), nos modelos reduzidos simulando galpões avícolas, com tela de sombreamento de 50% e pintura de cor branca na face externa do telhado, em Jaboticabal - SP, 2010..... 37
- Tabela 5.** Médias e tipo de efeito obtidos para Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU), Carga Térmica de Radiação (CTR), Entalpia (H), por horário de colheita, nos modelos reduzidos simulando galpões avícolas, com tela de sombreamento de 50% e pintura de cor branca na face externa do telhado, em Jaboticabal - SP, 2010..... 38
- Tabela 6.** Equação ajustada; coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e horário máximo (h máx) obtidos para Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU), Carga Térmica de Radiação (CTR) e Entalpia (H), nos modelos reduzidos simulando galpões avícolas, com tela de sombreamento de 50% e pintura de cor branca na face externa do telhado, em Jaboticabal - SP, 2010..... 40
- Tabela 7.** Estatísticas obtidas na análise de variância para Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade corrigido (ITGUcorr), Carga Térmica de Radiação corrigida (CTRcorr) e Entalpia (H), nos modelos reduzidos simulando

galpões avícolas, com tela de sombreamento de 50 e 80%, em São Luís – MA, 2010.....	44
<b>Tabela 8.</b> Médias e tipo de efeito obtidos para Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade corrigido (ITGUcorr), Carga Térmica de Radiação corrigida (CTRcorr) e Entalpia (H) por tipo de cobertura, por horário de colheita, nos modelos reduzidos simulando galpões avícolas, com tela de sombreamento de 50 e 80%, em São Luís – MA, 2010.....	45
<b>Tabela 9.</b> Equação ajustada; coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e horário máximo (h máx) obtidos para Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade corrigido (ITGUcorr), Carga Térmica de Radiação corrigida (CTRcorr) e Entalpia (H), nos modelos reduzidos simulando galpões avícolas, com tela de sombreamento de 50 e 80%, em São Luís – MA, 2010.....	45
<b>Tabela 10.</b> Estatísticas obtidas na análise de variância para as Temperaturas de Bulbo Seco (TBS) na cobertura de fibrocimento, sem amianto, nos modelos reduzidos simulando galpões avícolas, com tela de sombreamento de 50% e pintura de cor branca na face externa do telhado, em Jaboticabal - SP, 2010.....	50
<b>Tabela 11.</b> Médias e tipo de efeito das Temperaturas de Bulbo Seco (TBS) por tipo de cobertura (TC), por horário de colheita (h), nos modelos reduzidos simulando galpões avícolas, com tela de sombreamento de 50% e pintura de cor branca na face externa do telhado, em Jaboticabal - SP, 2010.....	51
<b>Tabela 12.</b> Médias das Temperaturas de Bulbo Seco (TBS) por tipo de cobertura (TC), por posição de colheita (PS), nos modelos reduzidos simulando galpões avícolas, com tela de sombreamento de 50% e pintura de cor branca na face externa do telhado, em Jaboticabal - SP, 2010.....	52
<b>Tabela 13.</b> Médias e tipo de efeito das Temperaturas de Bulbo Seco (TBS) por posição de colheita (PS), por horário de colheita (h), nos modelos reduzidos simulando galpões avícolas, com tela de sombreamento de 50% e pintura de cor branca na face externa do telhado, em Jaboticabal - SP, 2010.....	53
<b>Tabela 14.</b> Equação ajustada; coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e horário máximo (h máx) obtidos para as posições Next, Nint e Sint, nos modelos reduzidos simulando galpões avícolas, com tela de sombreamento de 50% e pintura de cor branca na face externa do telhado, em Jaboticabal - SP, 2010.....	53

### III. LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Vista parcial do modelo reduzido utilizado no Experimento 1.....	22
<b>Figura 2.</b> Esquema dos modelos construídos em escala reduzida (1:10) – unidade em metros.....	23
<b>Figura 3.</b> Esquema da sessão transversal dos modelos físicos em escala reduzida (1:10), no Experimento 1 (unidade em metros).....	23
<b>Figura 4.</b> Esquema da distribuição das parcelas no Experimento 1 (unidade em metros).....	24
<b>Figura 5.</b> Vista parcial do globo-termômetro.....	25
<b>Figura 6.</b> Vista parcial do termo-higrômetro de leitura direta.....	25
<b>Figura 7.</b> Vista parcial da fixação do globo-termômetro ao termo-higrômetro de leitura direta.....	25
<b>Figura 8.</b> Vista parcial do posicionamento do globo-termômetro e do termo-higrômetro de leitura direta nos modelos reduzidos.....	25
<b>Figura 9.</b> Vista parcial do anemômetro digital de hélice.....	26
<b>Figura 10.</b> Vista parcial do local de leitura da velocidade do vento.....	26
<b>Figura 11.</b> Esquema da distribuição das parcelas no Experimento 2 (unidade em metros).....	35
<b>Figura 12.</b> Disposição dos modelos reduzidos simulando galpões avícolas utilizados no Experimento 2.....	35
<b>Figura 13.</b> Vista parcial do termômetro de globo digital utilizado no Experimento 2....	36
<b>Figura 14.</b> Vista parcial do posicionamento do termômetro de globo digital no interior dos modelos reduzidos no Experimento 2.....	36
<b>Figura 15.</b> Esquema da sessão transversal dos modelos físicos em escala reduzida (1:10), no Experimento 3 (unidade em metros).....	42
<b>Figura 16.</b> Esquema da distribuição das parcelas no Experimento 3 (unidade em metros).....	43

- Figura 17.** Vista parcial das posições de leitura dos dados da temperatura de bulbo seco..... 49
- Figura 18.** Vista parcial do sistema de aquisição de dados..... 49

## Tela de sombreamento e pintura em telhados de modelos reduzidos de galpões avícolas

### RESUMO

Quatro experimentos foram conduzidos para avaliar o efeito do sombreamento artificial e da pintura dos telhados na melhoria do conforto térmico de modelos reduzidos simulando galpões avícolas. Em todos os experimentos foram utilizadas coberturas com telha de fibrocimento, novas, sem cimento amianto, com 4,0mm de espessura. O **Experimento 1** foi realizado na Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), câmpus de São Luís, onde foram testados cinco tipos de coberturas: 1- sem tela, sem pintura (STSP – controle); 2- com tela a 0,05m de altura da telha, sem pintura (CT5SP); 3- com tela a 0,05m de altura da telha, com pintura (CT5CP); 4- com tela a 0,08m de altura da telha, sem pintura (CT8SP) e 5- com tela a 0,08m de altura da telha, com pintura (CT8CP). Foram determinados o Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU), a Carga Térmica de Radiação (CTR) e a Entalpia Específica (H). As colheitas das variáveis meteorológicas (temperaturas de globo negro, de bulbo seco, de bulbo úmido e velocidade do vento) foram realizadas durante 12 dias experimentais (04 a 15 de nov. de 2009) às 10:00, 12:00, 14:00 e 16:00 horas. O tipo de cobertura CT5SP foi o que apresentou os melhores valores para ITGUcorr (79,81) e H (78,84 KJ.Kg<sup>-1</sup> de ar seco). O melhor resultado para CTRcorr foi apresentado pelo tratamento CT5CP (480,12 W.m<sup>-2</sup>). O **Experimento 2** foi realizado na Universidade Estadual Paulista (UNESP), câmpus de Jaboticabal, onde foram testados os mesmos tipos de coberturas do Experimento 1. As colheitas e registro das variáveis meteorológicas foram realizadas por 40 dias (13 de fev. a 24 de mar. de 2010), nos mesmos horários do Experimento 1. O tipo cobertura que proporcionou menor resultado para o ITGU (83,86) e H (86,41 KJ.Kg<sup>-1</sup> de ar seco) foi o CT8CP. A menor CTR (549,52 W.m<sup>-2</sup>) foi verificada na cobertura CT5CP. O **Experimento 3** objetivou verificar o efeito de dois tipos de telas de sombreamento (50 e 80%) sobre o conforto térmico. Foi realizado na UEMA, câmpus de São Luís, onde testaram-se três tipos de coberturas: 1- sem tela (ST – controle); 2- com tela, com 50% de sombreamento (T50) e 3- com tela, com 80% de sombreamento

(T80), fixadas a 0,05m de altura da telha, todas pintadas de branco na face externa. As colheitas das variáveis meteorológicas foram realizadas durante 12 dias experimentais (18 a 29 de nov. de 2009) às 10:00, 12:00, 14:00 e 16:00 horas. O tratamento T50 foi o que apresentou os melhores resultados para ITGUcorr (79,90) e para a H (79 KJ.Kg<sup>-1</sup> de ar seco). Para a CTRcorr (486,32 W.m<sup>-2</sup>) o menor valor foi verificado na cobertura T80. No **Experimento 4** avaliou-se o uso da tela de 50% e pintura sobre as temperaturas externa e interna da cobertura em modelos reduzidos. Foi desenvolvido na UNESP, câmpus de Jaboticabal onde testaram-se cinco tipos de coberturas idênticas às dos Experimentos 1 e 2. As medições das temperaturas foram realizadas em três posições do telhado: 1- Norte, face externa (Next); 2- Norte, face interna (Nint) e 3- Sul, face interna (Sint). As leituras nas coberturas dos modelos reduzidos foram realizadas durante o mesmo período e horários do Experimento 2. O tipo de cobertura CT8CP foi aquele que apresentou as maiores reduções nas temperaturas externa e interna dos telhados.

**PALAVRAS-CHAVE:** carga térmica de radiação, cobertura de fibrocimento, entalpia específica, índice de temperatura de globo negro e umidade, modelos reduzidos, tela de sombreamento

## Shading screen and painting roofs of reduced models poultry houses

### ABSTRACT

Four experiments were conducted to assess the effect of shading and painting of roofs improving thermal comfort in reduced models of poultry houses. In all the experiments were used with roofing cement tile, new, no asbestos cement, with 4.0 mm thick. The **first** experiment was conducted at the Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), campus of São Luís, where were tested five types of coverage: 1 - no shading, no paint (STSP - control), 2 - with shading 0.05 m in height tile, unpainted (CT5SP) 3 - with shading 0.05 m in height tile with painting (CT5CP) 4 - with shading 0.08 m in height tile, unpainted (CT8SP) and 5 – with shading 0.08 m height of the tile with painting (CT8CP). Were evaluated the index of black globe temperature and humidity (BGTHI), the Heat Load (HL) and the specific enthalpy (H). The readings of meteorological variables (black globe temperature, dry bulb, wet bulb temperatures and wind speed) were measured during 12 experimental days (from nov. 4th to 15th, 2009) at 10:00, 12:00, 14: 00 and 16:00 hours. The type of coverage CT5SP had the lowest values for BGTHI (79,81) and H (78,84 KJ.Kg<sup>-1</sup> dry air). The best result for CTRcorr (480,12 W.m<sup>-2</sup>) was presented by treatment CT5CP. The **second** experiment was conducted at Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus of Jaboticabal, where were tested the same types of coverages of Experiment 1. The collection and recording of meteorological variables were performed for 40 days (from feb. 13th to 24th, 2010), at the same times of Experiment 1. The type coverage that provided smaller results for the BGTHI (83,86) and H (86,41 KJ.Kg<sup>-1</sup> dry air) was CT8CP. The lower HL (549,52 W.m<sup>-2</sup>) was verified with the coverage CT5CP. The **third** experiment aimed at assessing the effect of two types of shading screens (50 and 80%) on the thermal comfort. Was performed at UEMA, campus of São Luís, where were tested three types of coverage: 1 - no shading (TS - control), 2 - with the screen, with 50% shading (T50) and 3 - with screen, with 80% shading (T80), fixed at 0.05 m height of the tile, all painted in white on the outer face. The collections of meteorological variables were made during 12 experimental days (from nov. 18th to 29th, 2009) at 10:00, 12:00, 14:00 and 16:00

hours. The T50 treatment showed the best results for BGTHlcorr (79,90) and H (79 KJ.Kg<sup>-1</sup> dry air). To HLcorr (486,32 W.m<sup>-2</sup>) the lowest value was found in coverage T80. In the experiment **four** were evaluated the use of screen 50% and paint over the temperature of the roof in reduced models. It was developed at UNESP, campus of Jaboticabal where were tested five types of coverages identical to those of Experiments 1 and 2. Measurements of temperature were performed at three positions on the roof: 1 - North, external surface (Next) 2 - North, internal surface (Nint), 3 - South, internal surface (Sint). Readings in the coverage of the models were conducted during the same period and times of experiment 2. The type of coverage CT8CP was one that showed the greatest reductions in external and internal temperatures of roof.

**KEYWORDS:** heat load, cement roof, specific enthalpy, black globe temperature humidity index, reduced models, artificial shading

## **INTRODUÇÃO**

A avicultura no Brasil representa um importante segmento produtivo, com alto grau de especialização, uso de tecnologia e organização. Registra-se um aumento cada vez maior na produção de carne de frango, o que faz do país o terceiro maior produtor e o maior exportador mundial deste produto (UBA, 2008) devido aos avanços da atividade, que vão desde a genética e ganhos nutricionais, até uma maior atenção ao bem-estar e a ambiência. Neste ponto, atualmente são dados maiores cuidados no planejamento e edificação das instalações avícolas, as quais estavam, desde o início da indústria avícola, em um estado de quase estagnação. Somente na década de 90, com a perspectiva do processo de globalização, essa indústria passou a buscar nas instalações e no ambiente as possibilidades de melhoria no desempenho avícola como forma de manter a competitividade (TINÔCO, 2001).

Para o aprimoramento da produção avícola em países tropicais como o Brasil, é necessário atenção especial ao ambiente onde a criação acontece, com foco no aperfeiçoamento das instalações, visando a equacionar o manejo para superar os efeitos prejudiciais provenientes de alguns fatores ambientais críticos (DEMERVAL et al. 2003). Em regiões de clima tropical, com altas temperaturas ambientais e, por vezes altas taxas de umidade relativa, o estresse pelo calor altera quantitativa e qualitativamente a ingestão de alimento e o metabolismo animal (CONCEIÇÃO, 2008). Como consequência, todas as possibilidades de oferecer melhores condições ambientais aos animais em produção devem ser utilizadas, pois, do contrário, haverá sempre um desempenho aquém do esperado. O conforto térmico, no interior de instalações avícolas, é fator altamente importante, já que condições climáticas inadequadas afetam consideravelmente a produção de frangos de corte. O excesso de frio e principalmente o excesso de calor, para nossa condição de país tropical, se revertem em menor produtividade das aves, afetando seu crescimento e saúde e pode levar a situações extremas, como o acréscimo da mortalidade dos lotes (NÄÄS, 2007). Dentre as medidas que podem ser efetivadas para oferecer à ave um ambiente mais adequado, destacam-se o sombreamento e a pintura das coberturas das instalações, ressaltando-se que as pesquisas realizadas no Brasil, sobre este tema, foram, em sua

maioria, realizadas nas regiões Sul e Sudeste, havendo poucas informações sobre essas condições nas regiões Norte e Nordeste (FURTADO et al. 2003).

Em virtude de sua localização próxima à linha do Equador e por apresentar, de acordo com INMET (2010), temperatura ambiente (mínima média de 22,5°C e a máxima acima de 30°C) e umidade relativa do ar (média de 80%) quase sempre fora da faixa de conforto térmico para aves de corte, o município de São Luís (MA) necessita de soluções que visem à melhoria das condições ambientais nos projetos de instalações para criação de frangos de corte. O objetivo desta pesquisa foi avaliar o efeito do sombreamento artificial e da pintura dos telhados na melhoria do conforto térmico de modelos reduzidos simulando galpões avícolas. Para isso foram realizados quatro experimentos.

## **REVISÃO DE LITERATURA**

### **Temperatura ambiente**

Em climas tropicais e subtropicais, a exemplo do Brasil, os elevados valores de temperatura ambiente (TA) ou temperatura de bulbo seco (TBS) encontra-se entre os principais fatores que interferem negativamente na atividade avícola (TINÔCO, 1998). Dentre os fatores do ambiente, os térmicos são os que afetam mais diretamente a ave, pois comprometem sua homeotermia (BAÊTA & SOUZA, 1997), ocasionando estresse nas aves. Este estresse é resultante das interações entre a temperatura do ar, umidade relativa, radiação e velocidade do ar (LIN et al. 2006). Assim, altas temperaturas implicam desconforto e maior mortalidade em comparação aos valores associados aos animais mantidos sob temperaturas confortáveis (LUCCI, 1989). A temperatura ambiente é um fator preponderante no sucesso da criação de frango de corte (SGAVIOLI et al. 2009) e, como principal fator causador do estresse calórico, constitui-se problema frequente na avicultura de corte. Altas temperaturas podem ser muito prejudiciais aos frangos de corte, interferindo no conforto térmico das aves e diminuindo sua eficiência produtiva (HOLIK & TIERZUCHT, 2009).

As aves mantêm a temperatura corporal constante quando a temperatura ambiente é termoneutra (FURLAN & MACARI, 2002). Portanto, o conforto térmico no interior de instalações avícolas é importante, pois condições climáticas inadequadas afetam negativamente o desempenho do animal, tornando indispensável o estudo das características ambientais de cada região (WELKER et al. 2008). O reconhecimento da temperatura efetiva (não só a temperatura do ar, mas sua associação com a umidade relativa, radiação solar e velocidade do vento) também deve ser observada, já que é uma variável climática que influencia diretamente a capacidade de troca de calor entre a ave e o meio ambiente (MOURA, 2001). De acordo com FERREIRA (2005), a temperatura ambiente ótima, na qual frangos de corte, a partir da 4ª semana de idade, apresentam um melhor desempenho, varia de 18 a 26°C.

### **Radiação solar**

O telhado é a parte da instalação onde a radiação solar atua com maior intensidade, sendo a variável mais importante no estabelecimento da temperatura efetiva, visto que o fluxo de calor que atravessa um telhado, no pico máximo de calor, é da ordem de cinco vezes maior do que aquele do ambiente interno. A ação direta do calor da radiação solar sobre a superfície terrestre ocasiona o seu aquecimento, ocorrendo simultaneamente o aquecimento do ar por convecção. A temperatura ambiente de um abrigo depende de seu balanço energético, que é função do calor incidente da radiação solar, do coeficiente de absorção, da condutividade e da capacidade térmica da superfície receptora. Tais variáveis determinarão a transmissão e perda de calor. Este processo faz com que a temperatura varie de forma cíclica durante o dia e durante o ano. Durante o dia, a temperatura ambiente atinge um valor máximo entre meio dia e duas horas da tarde (MOURA, 2001; SOUZA JÚNIOR et al. 2008).

A radiação solar é mais elevada em locais onde há maior disponibilidade de energia e mais baixa nas regiões com menor incidência de radiação solar. A pouca variação da temperatura na região equatorial do globo, se deve à disponibilidade da radiação solar ser elevada e praticamente constante durante todo o ano. À medida que

aumenta a latitude (ao Norte e ao Sul), a variação temporal do fotoperíodo e do ângulo de incidência dos raios solares aumentam (MARIN et al. 2008).

A maior fonte de calor em uma instalação avícola é a radiação solar direta (MOURA, 2001) e, do ponto de vista bioclimático, constitui-se um dos principais fatores que influenciam na carga térmica de radiação incidente sobre os telhados (SILVA & SEVEGNANI, 2001). Para NÄÄS et al. (2001b), o telhado é o elemento construtivo mais significativo em uma instalação avícola, quanto ao controle da radiação solar incidente. TOLEDO (1970) citado NÄÄS (2007), estudando causas de desconforto térmico em construções residenciais em São Paulo, concluiu que o fluxo de calor através das coberturas, juntamente com as elevadas temperaturas na face inferior das telhas, é a causa principal do desconforto no interior das residências.

Para atenuar o efeito da insolação, o primeiro artifício objetivando o conforto térmico em climas quentes é o sombreamento das instalações (MATTOS, 2007). A utilização de telas de sombreamento visa reduzir a intensidade da energia radiante sobre uma superfície (ROCHA, 2007). De acordo com BOND et al. (1954) citado por NÄÄS (2001a) o meio mais econômico para que as aves mantenham balanço térmico ideal é controlar a taxa de radiação que incide sobre o abrigo. A radiação, proveniente do sol e dos arredores da instalação, incrementa sua carga térmica, que pode ser substancialmente reduzida através do efeito sombra. O segundo artifício é aumentar a refletividade do telhado. Um telhado com alta refletividade ajuda a diminuir a carga térmica de radiação solar dentro do ambiente, entretanto, por si só, não é o suficiente para proporcionar condições plenas de conforto térmico dentro dos limites de calor nos trópicos.

### **Umidade relativa (UR)**

A umidade relativa é altamente correlacionada com a temperatura ambiente e ambas, em conjunto, influenciam os processos de perda de calor (BAÊTA & SOUZA, 1997). ROJIMIN & LOKHORST (1966) citados por SILVA (2005) relatam que a perda evaporativa de calor em aves adultas diminui de 80 para 39% quando a umidade relativa de ar sobe de 40 para 90% a uma temperatura ambiente de 34°C.

OLIVEIRA et al. (2006) estudando os efeitos da temperatura e da umidade relativa sobre o desempenho de frangos de corte, testaram valores de 40 e 75% para UR (com TA de 32°C), caracterizando ambientes de calor seco e de calor úmido, respectivamente e concluíram que em relação às aves mantidas no ambiente de conforto, a redução média do consumo de ração (CR) das aves alojadas sob calor seco variou de 11,5 a 20,9% nos períodos de 1 a 21 e de 1 a 49 dias, enquanto, no calor úmido, a redução média do CR variou de 18,6 a 23,8% nesses mesmos períodos. Com esses dados, ficou evidenciado que a elevação da UR de 40 para 75%, no calor, acentuou ( $p<0,05$ ) o efeito negativo da alta temperatura sobre o CR das aves. Da mesma forma, ao analisar o ganho de peso (GP), os tratamentos influenciaram ( $p<0,05$ ) esta variável nas aves, de modo que as do ambiente de conforto apresentaram os melhores resultados nos períodos avaliados. A redução de GP das aves submetidas ao calor, que correspondeu, em média, a 13,9%, foi mais acentuada ( $p<0,05$ ) naquelas mantidas sob calor úmido (16,7%) em comparação às do calor seco (11,2%).

A faixa de umidade relativa do ar que proporciona a máxima eficiência para frangos de corte situa-se entre 50 e 70%. Níveis acima de 80% causam problemas como aumento de fezes aquosas que ocasionam escurecimento das penas e aumento na concentração de gases e odores nos aviários. Já níveis abaixo de 40% podem favorecer o aumento da concentração de poeira no interior dos galpões (MOURA, 2001).

### **Ventilação**

Em regiões tropicais, a ventilação reduz os efeitos adversos das altas temperaturas (SILVA et al. 2007b). O aumento da movimentação do ar sobre a superfície corporal das aves facilita a perda de calor para o ambiente por processos convectivos. A ventilação reduz a temperatura retal e a taxa respiratória das aves, amenizando o estresse térmico a que estejam sendo submetidas (MOURA, 2001).

De acordo com BAÊTA & SOUZA (1997) existem duas formas de se obter maior ventilação do ar no interior de uma construção: ventilação natural, isto é, o movimento normal do ar que ocorre em razão das diferenças de pressão causadas pela ação

dinâmica do vento ou das diferenças de temperaturas entre dois meios considerados e a ventilação artificial ou mecânica, que é produzida por dispositivos que requerem energia, especialmente a elétrica, para seu funcionamento (p. ex. ventiladores e exaustores).

A ventilação natural tem grande importância para o conforto térmico dentro das edificações. Quando empregada adequadamente proporciona a renovação do ar dos ambientes através da dispersão de gases nocivos provenientes da fermentação dos dejetos; a remoção da umidade que se forma no interior das edificações e o excesso de calor gerado pelos animais. Para MICHELS (2007), a variação na taxa de ventilação tem a função de remover o calor vindo do ático durante o verão e reduzir a condensação do ar durante o inverno. A otimização do ambiente interno das edificações é possível com o uso da ventilação natural, desde que a configuração das entradas e saídas de ar sejam adequadas (SANTOS, 2001).

MEDEIROS et al. (2005) avaliando os efeitos da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar em frangos de corte verificaram que em ambientes considerados quentes à medida que a temperatura do ar é elevada de 26 para 36°C, a umidade relativa de 34 para 76% e a velocidade do ar é reduzida de 2,4 para 0,6 m.s<sup>-1</sup>, o ambiente torna-se cada vez mais desagradável. As aves ficaram agitadas e se dispersaram para aumentar a dissipação do calor corporal para o ambiente; tiveram a temperatura retal aumentada em 1,3°C (de 41,7 para 43°C), a temperatura da pele em 2,8°C (de 40,6 para 43,4°C) e a frequência respiratória em 28 resp.min<sup>-1</sup> (de 82 para 110 resp.min<sup>-1</sup>). Nessas condições, as aves abriram as asas, visando ao aumento da área de dissipação de calor; diminuíram o consumo de ração em 43,37 g.dia<sup>-1</sup> (de 123,15 para 79,78 g.dia<sup>-1</sup>) para reduzirem a produção de calor metabólico e tiveram o ganho de peso prejudicado em 40,01 g.dia<sup>-1</sup> (de 65,10 para 25,00 g.dia<sup>-1</sup>). Em outro estudo, MEDEIROS (2001) comenta que a máxima produtividade de frangos, para as condições climáticas brasileiras, é obtida quando a velocidade do ar situa-se entre 1,5 a 2,5 m.s<sup>-1</sup>.

### **Modificações térmicas ambientais**

Para TINÔCO (2001), modificações térmicas ambientais são os processos artificiais utilizados para atenuar a ação dos elementos danosos do ambiente natural sobre as aves e amenizar os problemas existentes na relação ave - ambiente. BAÊTA & SOUZA (1997) distinguem duas classes de modificações térmicas ambientais: as primárias e as secundárias. Modificações térmicas ambientais primárias são aquelas relacionadas ao abrigo; com o galpão avícola propriamente dito e que permitem proteger a ave durante períodos em que o clima se apresenta extremamente quente ou frio, ajudando o animal a aumentar ou reduzir sua perda de calor corporal. Podem ser citadas como principais as coberturas, os quebra-ventos, a utilização de ventilação natural, todos os tipos e dispositivos de fechamento (p. ex. cortinas e alvenarias) e também o paisagismo circundante. As modificações primárias correspondem ao acondicionamento térmico natural. As modificações secundárias correspondem ao manejo do microambiente interno das instalações. Geralmente envolvem um nível mais alto de sofisticação e compreendem processos artificiais de ventilação, umidificação, aquecimento e refrigeração. Há aspectos positivos nessa classe de modificações, tais como um melhor aproveitamento de espaço físico e da mão de obra, apesar de maior consumo de energia e maior custo de implantação do projeto. As modificações secundárias, contudo, devem vir apenas depois de esgotados todos os recursos das modificações primárias e quando se pretende aumentar a densidade de alojamento de animais (TINÔCO, 2001).

Como não existe um tipo de instalação avícola que seja ideal no combate ao estresse por calor ou frio que possa ser adotado em todas as regiões do mundo, cada região climática impõe uma exigência própria de arranjos com vistas ao conforto térmico. Assim, até dentro de um mesmo país, são observadas situações muito diferentes. A exemplo disto, podemos citar o Brasil que, devido ao seu grande território, possui extensas regiões de clima predominantemente quente o ano todo acompanhado de alta umidade relativa, outra permanentemente quente com baixa umidade e ainda extensas regiões com verões quentes e invernos frios. Conseqüentemente será exigido um tipo de arquitetura diferente para cada uma dessas regiões (TINÔCO, 2001).

Limitações na obtenção de altos índices zootécnicos decorrem do alojamento de animais em climas quentes (FIORELLI et al. 2009). Portanto é necessário que todas as modificações térmicas ambientais sejam utilizadas (inicialmente as primárias e num estágio seguinte as secundárias) de modo a proporcionar um microambiente produtivo ao animal, dentro de sua faixa de conforto térmico, minimizando os gastos de energia com a manutenção da temperatura corporal e maximizando o uso dessa energia para as funções produtivas.

A atenção às modificações térmicas ambientais deve estar fundamentada no fato de que um ambiente produtivo deve proporcionar condições ambientais ideais, favorecendo ao animal a manutenção de sua temperatura corporal. O controle do microambiente no interior de um galpão de criação de frangos nem sempre é uma tarefa simples de ser executada. Por vezes as condições climáticas não permitem que se ofereça um ambiente dentro da faixa requisitada pelo animal. Quando isto acontece é preciso abrir mão de mecanismos artificiais de controle ambiental na instalação, visando, principalmente, ao controle da temperatura em seu interior (NÄÄS, 2007).

### **Zona de conforto térmico**

A zona de conforto térmico é aquela amplitude de temperatura ambiente na qual a ave necessita realizar ajustes fisiológicos ou comportamentais mínimos para manter sua temperatura corporal (FERREIRA, 2005).

Ao atingir a menor temperatura desta faixa (temperatura crítica inferior) a ave morrerá por hipotermia e ao atingir a maior temperatura (temperatura crítica superior) ocorrerá morte por hipertermia. As temperaturas críticas variam de acordo com várias características intrínsecas ao meio ambiente e ao animal, sendo a principal a idade da ave (TINÔCO & GATES, 2005), significando que total atenção deve ser dada à idade do lote e à temperatura no ambiente de criação, de modo a facilitar as trocas de calor entre as aves e o ambiente, que podem ser prejudicadas caso as aves estejam alojadas em instalações fora de sua zona de conforto.

Como as aves necessitam manter a temperatura interna do corpo em níveis relativamente constantes, através de mecanismos orgânicos de controle representados

por compensações fisiológicas, esses mecanismos são realizados em detrimento da produção destes animais que, ao invés de empregar os nutrientes para a síntese, os utilizam para produzir ou dissipar calor (TINÔCO, 2001).

Quando não ocorre nenhum desperdício de energia, seja para compensar o frio ou para acionar seu sistema de refrigeração corporal em combate ao excesso de calor do ambiente, diz-se que a ave está em condições de conforto e, conseqüentemente, de produtividade máxima. Fora da zona de conforto ocorre decréscimo do desempenho produtivo, reprodutivo e da resistência do organismo. Dessa forma, se o conforto térmico não é atingido e a ave é exposta ao estresse calórico ocorrerá uma queda no consumo de ração, no ganho de peso, além de levar a piores valores de conversão alimentar e maior mortalidade. Especificamente no caso de aves de postura e reprodutoras, ocorrerá uma redução na espessura da casca, número, peso e volume dos ovos. Em consequência, haverá uma queda na taxa de incubação, no peso dos pintos e na taxa de fertilidade tanto de machos quanto de fêmeas. O problema se agrava à medida que a ave se desenvolve, pois existe uma correlação negativa da dissipação de calor com o peso corporal (TINÔCO, 2001).

As regiões de clima quente e úmido necessitam de uma renovação rápida e contínua do ar. Os sistemas adiabáticos evaporativos geralmente não constituem boas soluções nessas regiões, a não ser nas horas mais quentes do dia, quando a umidade do ar decresce naturalmente (TINÔCO, 2001). Por esta razão, alternativas que minimizem os ganhos de calor por irradiação podem-se constituir alternativas viáveis para a melhoria do microclima no interior de uma instalação avícola.

Um ambiente é considerado confortável para aves adultas quando apresenta temperaturas de 15°C a 26°C (TINÔCO & GATES, 2005). Esses valores dificilmente são obtidos nas condições do clima brasileiro, sobretudo no verão.

### **Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU)**

BUFFINGTON et al. (1981) citado por ABREU et al. (2009), propuseram, inicialmente para vacas de leite, este índice de ambiente térmico, que foi desenvolvido

com base no Índice de Temperatura e Umidade (ITU), porém usando-se a temperatura de globo negro no lugar da temperatura de bulbo seco.

Segundo OLIVEIRA & ESMAY (1982), em regiões de clima quente, o ITGU é um melhor indicador de conforto, pois a diferença entre a temperatura de globo negro e a do ar reflete o efeito da radiação sobre o animal. TEIXEIRA (1983) encontrou o valor do ITGU igual a 77,4 como limite crítico superior para frangos de corte de 21 a 49 dias de idade; entretanto NÄÄS et al. (2001b) verificaram, para ITGU, o valor de 82 para frangos de corte, determinado às 14:30 horas.

MEDEIROS & VIEIRA (1997) propuseram uma classificação para faixas de ITGU, sendo: < 72 (o ambiente é propício para qualquer criação de animais); 72 a 76 (os animais elevam a frequência respiratória sem afetar basicamente a homeostase); 76 a 82 (os animais elevam a frequência respiratória, sua temperatura corporal e há necessidade de manejo cuidadoso para se obter sucesso); 82 a 86 (somente com meios artificiais de termólise haverá produção condizente com o potencial genético); e > 86 (quase insuportável).

JÁCOME et al. (2007) avaliando conforto térmico em galpões cobertos com telha de cimento amianto, de 6,0mm de espessura, sem pintura, através de leituras realizadas a cada duas horas, das 8:00 às 16:00 horas para poedeiras no Nordeste do Brasil, estimaram o ITGU (75,7; 76,7; 78,5 e 77,6 para 10:00, 12:00, 14:00 e 16:00 horas, respectivamente) para linhagens semi-pesadas de poedeiras, na fase de recria.

CELLA et al. (2001) estudando níveis de lisina para frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade em diferentes ambientes térmicos, determinaram o ITGU de 81,6 na zona de conforto térmico, para pintos de um dia, e para frangos aos 21 dias de idade o ITGU de 72,9.

### **Carga Térmica de Radiação (CTR)**

De acordo com MORAES (1999), a CTR é um indicador de conforto térmico ambiental que expressa a radiação total recebida pelo globo negro de todos os espaços, devendo ser expressa em  $W.m^{-2}$ .

Para a determinação da CTR é necessário estimar-se a Temperatura Radiante Média (TRM), que é a temperatura de uma circunvizinhança considerada uniformemente negra, de modo a eliminar o efeito de reflexão, com a qual um corpo (globo negro) troca tanta energia quanto a do ambiente atual considerado (BOND & KELLY, 1955) citados por SOUZA et al. (2002).

NÄÄS et al. (2001b) encontraram o valor 475,19 W.m<sup>-2</sup> de CTR para frangos de corte, determinado às 14:30 horas. JÁCOME et al. (2007) determinou a CTR para linhagens semi-pesadas de poedeiras (460,1; 489,9; 485,5 e 470,7 W.m<sup>-2</sup> para 10:00, 12:00, 14:00 e 16:00 horas, respectivamente) na fase de recria, em galpões cobertos com telha de cimento amianto.

### **Entalpia Específica (H)**

A entalpia é uma grandeza psicrométrica que indica a quantidade de calor presente na massa de ar seco, seu valor é determinado através da temperatura do ar e da razão de mistura entre o ar seco e o úmido, sendo expressa em KJ.Kg<sup>-1</sup> de ar seco.

BARBOSA FILHO et al. (2010) propuseram as tabelas de entalpia de acordo com as faixas de conforto. Estas foram delineadas para frangos de corte aos 42 dias de produção, com valores que variaram de 54,7 e 62,9 KJ.Kg<sup>-1</sup> de ar seco.

A fim de verificarem o desempenho e a variabilidade entre linhagens de avós de frangos de corte criadas em três diferentes ambientes (granja de frango de corte, situação de estresse e granja *pedigree*), até os 42 dias de idade, SILVA et al. (2007a) utilizaram a H para avaliação do microclima interno das instalações. Considerando os valores dos limites inferior e superior de Entalpia ideais para frango de corte (64 e 70 KJ.Kg<sup>-1</sup>, respectivamente) citados por BARBOSA FILHO (2004), no ambiente de *pedigree*, os valores médios de Entalpia permaneceram abaixo do limite inferior da zona de conforto para as aves durante todo o período avaliado. No ambiente de frango de corte, os valores médios da Entalpia ficaram na zona de conforto somente às 15:00 horas e, no ambiente de estresse, às 11:00 horas. O ambiente de estresse, às 13:00 e 15:00 horas, proporcionou valores médios de Entalpia superiores ao limite superior da zona de conforto. Uma vez que a H obtida no ambiente de estresse permaneceu por

mais tempo fora da zona de conforto para as aves, pode-se considerar que foram bem mais caracterizadas situações inadequadas e mais estressantes para criação que as encontradas nos ambientes de *pedigree* e de frango de corte.

Com o objetivo de avaliar três sistemas de criação para frangos de corte industrial (semi-confinado com 3,0m<sup>2</sup> por ave de área de piquete; semi-confinado com 6,0m<sup>2</sup> por ave de área de piquete e confinamento total), visando caracterizar o ambiente térmico e o desempenho animal, NAZARENO et al. (2009) realizaram um experimento, durante 42 dias, desenvolvido em módulos de produção (3,2m de comprimento; 3,2m de largura; pé direito de 3,0m e beiral de 0,7m), com instalações com cobertura com telhas de fibrocimento de 4,0mm, sem forro de revestimento onde determinaram a H e o ITGU. Para o sistema semi-confinado com 3,0m<sup>2</sup> por ave de área de piquete os valores de H e ITGU foram 69,92 e 75,76 KJ.Kg<sup>-1</sup>, respectivamente, determinado como o sistema que permitiu o melhor condicionamento térmico natural às aves. Para a segunda taxa de lotação do sistema semi-confinado, o estudo apresentou os valores de 70,83 e 76,01 KJ.Kg<sup>-1</sup> para as mesmas variáveis. No sistema confinado os valores foram 75,25 e 77,54 KJ.Kg<sup>-1</sup>.

NÄÄS et al. (1995) estabeleceram valores críticos por semana para Entalpia, determinados em aviários para frangos de corte, com dados colhidos entre 8:00 e 17:00 horas. Os valores críticos para a 6ª semana variaram entre 60,4 e 65,7 KJ.Kg<sup>-1</sup> de ar seco. Já SILVA et al. (2006), avaliando comportamento e bem-estar de poedeiras, em câmaras climáticas, determinaram valores de H para condições de estresse térmico (35°C e 70% UR), superiores a 80 KJ.Kg<sup>-1</sup> de ar seco.

Foi demonstrado que a Entalpia pode ser utilizada para determinar as condições ambientais para poedeiras e que seu uso deve ser consolidado com a utilização rotineira das tabelas de Entalpia (BARBOSA FILHO et al. 2007; BARBOSA FILHO et al. 2010).

Considera-se o dia que apresentar o valor mais alto de Entalpia, em um determinado período, como “dia crítico” (SEVEGNANI et al. 1994). Segundo CLARK (1981) citado por CONCEIÇÃO (2008), os índices de conforto térmico foram desenvolvidos com o objetivo de caracterizar as zonas de conforto térmico.

### **Recursos para redução do fluxo de calor através das coberturas**

A proteção contra a insolação direta em climas quentes, segundo COSTA (1982), pode ser feita com uso de materiais que apresentam alto poder reflexivo, bom isolamento térmico, grande inércia térmica e, simultaneamente, adequados ângulos de inclinação (geralmente situados entre 25 e 30°), em adição a forros e outras associações que contribuam para o melhor comportamento térmico do conjunto. SEVEGNANI et al. (1994) pesquisaram o comportamento térmico de diferentes materiais de cobertura através do Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU) e da Carga Térmica Radiante (CTR) no interior de abrigos, para as condições de verão. Foram testadas telhas de fibra transparente, alumínio e zinco e além delas, foram estudados os comportamentos das telhas de barro, cimento amianto e térmica. Os resultados obtidos permitiram concluir que a telha ondulada de cimento amianto de 6,0mm, com declividade de 26% apresentou um comportamento térmico intermediário entre as telhas de barro (menor resultado) e a de fibra (maior resultado).

De acordo com NEUBAUER & CRAMER (1966) citados por MORAES (1999), alguns artifícios são importantes para a redução da temperatura interna de abrigos, como uso de pintura branca, sombreamento adequado, orientação correta dos galpões e isolamento. Segundo esses autores, com a correta combinação desses artifícios, pode-se reduzir de 7 a 10°C a temperatura ambiente abaixo das telhas, em condições de verão.

### **Sombreamento artificial dos telhados**

Constituindo-se um tipo de modificação térmica ambiental primária, o sombreamento artificial representa uma importante ferramenta na diminuição do calor acumulado em uma instalação. Nas regiões de clima quente e úmido e sem muita amplitude térmica, as respostas arquitetônicas englobando as modificações devem procurar a eliminação permanente do calor proveniente da radiação solar e uma ventilação contínua e abundante. Como os galpões são abertos, a utilização de materiais com maior amortecimento, em regiões de clima quente e úmido, não é necessária, desde que se realize a eliminação da radiação solar (TINÓCO, 2001).

De acordo com SILVA (2000) a proteção proporcionada pela sombra é uma barreira contra a radiação térmica e não contra o calor propriamente dito. Dados os elevados níveis de radiação solar das zonas intertropicais, essa proteção é essencial e pode alterar favorável e significativamente o desempenho dos animais. A radiação solar representa 75% do total da carga térmica radiante que atinge uma instalação (FERREIRA, 2005) e pode ser reduzida sombreando-se a instalação através do uso de árvores e arbustos (MOURA, 2001; FERREIRA, 2005) ou com uso de materiais que proporcionem sombreamento artificial. Segundo BOND et al. (1976) citado por TINÔCO (2001), o sombreamento pode reduzir até 30% da Carga Térmica de Radiação sobre o animal.

A tela de sombreamento constitui-se malha tecida com fios de polipropileno, usada para cobertura de viveiros e telados. Tem como função principal a proteção do ambiente interno contra o sol, reduzindo a passagem de luz e raios solares. Sua classificação é dada em porcentagem e se refere à quantidade de proteção da luz (sombra), ou seja, uma tela de sombreamento de 60% só deixa passar 40% dos raios solares. São encontradas em malhas de 30 a 90%, em diversas cores, sendo utilizadas na produção animal, principalmente em bovinocultura de leite, para a construção de sombreiros e bezerreiros, por ser um material de baixo custo e fácil fixação (PANTELAS, 2008).

BARBOSA FILHO et al. (2005), estudando o desempenho de frangos de corte criados em sistema semi-intensivo, comparou lotes com acesso a piquetes sombreados, com tela de sombreamento de 50%, encontrou uma redução de 26% no Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade e de 36% na Entalpia, comparados com os índices estimados para o interior do galpão, nos horários de 10:00 às 14:00 horas à favor dos lotes que tiveram acesso às áreas sombreadas. Nos piquetes sombreados (para as 10:00, 12:00, 14:00 e 16:00, respectivamente), os valores de ITGU encontrados foram 65,0; 66,0; 71,0 e 80,0 e para a H foram 50,0; 51,9; 55,6 e 61,3 KJ.Kg<sup>-1</sup> de ar seco. O autor encontrou diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) no peso corporal entre as aves de áreas com sombra e sem sombra, indicando que o sombreamento com o uso da tela afeta o peso final.

## **Pintura dos telhados**

Uma boa forma de aumentar a refletividade de uma superfície é pintá-la de cor clara, especialmente de branco. A alteração do coeficiente de absorção da radiação por meio de pinturas é um procedimento muito simples e econômico, além de ser uma eficiente forma de amenizar os efeitos negativos da radiação sobre uma edificação, principalmente no verão (BAÊTA & SOUZA, 1997). Van WICKLEN et al. (1985) citado por MORAES (1999), afirmam que o uso de pinturas reflexivas reduz de 2 a 3°C a temperatura no interior de instalações avícolas.

A utilização da pintura branca nas telhas de cimento amianto melhora a reflexão da radiação solar e, com isto, acarreta uma redução na quantidade de calor de radiação gerado na cobertura. Se a quantidade de calor é menor, menor será o fluxo térmico e melhores serão as condições de conforto térmico. A pintura com a cor branca melhora a refletância à radiação solar, o que é especialmente importante se essa melhora ocorre na região do infravermelho, que é a razão do espectro solar que contribui para o aumento da temperatura (IKEMATSU, 2007). Este mesmo autor, estudando a influência da refletância no comportamento térmico de tintas aplicadas na face superior de coberturas com telhas de fibrocimento, determinou os valores de 0,5 e 0,6 para refletância em telhas novas e para telhas pintadas com tinta comum, respectivamente.

Com o uso de telhas pintadas com cores claras, a diferença de temperatura hipotética adicional de insolação se reduz e, naturalmente, a penetração de calor devido à insolação se reduz na mesma proporção (TINÔCO, 2001).

GONZÁLEZ et al. (2005) citado por MICHELS (2007) verificaram que a temperatura interna de uma residência coberta com telha de fibrocimento com amianto foi diminuída em 1,5°C somente com a pintura de branco na face externa. SARMENTO et al. (2005), avaliando influência da pintura externa do telhado sobre a temperatura interna de telhas de fibrocimento com amianto em galpões de frango de corte, verificaram que a temperatura da superfície interna da telha (medida em três pontos diferentes, às 11:00, 12:00 e 13:00 horas), no sistema com pintura, foi inferior (33,9; 34,4 e 33,7°C) à do sistema sem pintura (40,1; 41,5 e 42,7°C), demonstrando sua eficiência na diminuição da temperatura interna da cobertura. A cor branca da superfície

externa reduziu, em até 9°C, a temperatura da instalação. Para a cobertura com pintura, os autores determinaram o ITGU (71,9; 74,2; 75,7 e 74,7) e a CTR (451,1; 473,6; 485,2 e 479,0 W.m<sup>-2</sup>) nos horários de 9:00, 11:00, 15:00 e 17:00 horas, respectivamente.

### **Telha de fibrocimento sem amianto**

Grande parte das instalações para avicultura utiliza a cobertura com telhas onduladas de cimento amianto em virtude de apresentarem custo de construção inferior ao das telhas cerâmicas devido, principalmente, ao fato da estrutura de suporte ser mais leve e empregar menor quantidade de material e mão de obra. Porém, devido aos efeitos cancerígenos na sua produção, o cimento amianto vem sendo substituído (CONCEIÇÃO et al. 2008). Segundo KAWABATA (2003), os materiais cimentícios com fibras de celulose têm sido utilizados com sucesso na produção de elementos de cobertura em substituição ao amianto.

Embora exista a Lei Federal Nº 9.055 de 01 de junho de 1995, que permite o uso controlado do amianto no Brasil, vários estados já proibiram o uso de qualquer produto que utilize o amianto. Cita-se como exemplo, o estado de São Paulo, por meio da Lei Estadual Nº 12.684 de 26 de julho de 2007 (JUSBRASIL, 2008). Para produção de telhas que sigam essas diretrizes legais, a indústria desenvolveu tecnologia Cimento Reforçado com Fios Sintéticos (BRASILIT, 2010) que substitui a fibra de amianto por microfibras de polipropileno na composição das telhas de fibrocimento.

FIORELLI et al. (2009) utilizaram protótipos de 28,0m<sup>2</sup> para testar a eficiência térmica de quatro tipos de cobertura: com telhas recicladas, à base de embalagens *tetrapak*; com telhas cerâmicas; com telhas cerâmicas pintadas de branco, na face externa e com telhas de fibrocimento sem cimento amianto, em colheitas realizadas às 10:00, 12:00, 14:00 e 16:00 horas, em duas alturas diferentes (0,70 e 1,50m) no verão. Os maiores valores de ITGU (a 0,70m de altura), para todos os horários, foram identificados no protótipo coberto com telha de fibrocimento (78,26; 81,88; 83,71 e 83,44 para 10:00, 12:00, 14:00 e 16:00 horas, respectivamente). Comportamento

idêntico foi verificado para CTR (526,23; 560,98; 579,78 e 562,68  $W.m^{-2}$  para os mesmos horários).

FURTADO et al. (2003), estudando a influência da tipologia e das condições de conforto térmico ambiental em diferentes sistemas de acondicionamento de aviários de frangos de corte, avaliaram TA, ITGU e CTR, para dados obtidos em um período de 10 dias, durante o verão, a cada duas horas, das 8:00 às 16:00 horas. No sistema com telha de amianto sem ventilação artificial, os valores estimados para TA foram 29,06; 30,87; 30,77 e 28,70°C. Para ITGU 79,33; 81,16; 80,61 e 78,08 e para CTR 497,82, 509,46; 505,31 e 485,23  $W.m^{-2}$  às 10:00, 12:00, 14:00 e 16:00 horas, respectivamente e concluíram que todos os valores se apresentaram acima dos valores ideais.

OLIVEIRA et al. (1995), avaliando diferentes tipos de telhas quanto à temperatura da superfície acima e abaixo do telhado, às 12:00; 14:00 e 16:00 horas, concluíram que coberturas com telha de cimento amianto apresentaram temperatura externa média de 33,9°C e interna de 32,2°C e que estas temperaturas não influenciaram as temperaturas ao nível das aves. Para ITGU e CTR os valores foram 73,9 e 475  $W.m^{-2}$ , não se diferenciando dos demais tipos de telha.

PEINADO et al. (2009), investigando o desempenho térmico das coberturas das edificações do Câmpus da Universidade Estadual de Maringá - PR, analisaram três telhados de fibrocimento com 6,0mm de espessura, com diferentes idades de utilização e determinaram os valores da temperatura abaixo da superfície dos telhados (35,47; 40,31; 39,64 e 38,88°C às 10:30, 12:00, 14:00 e 15:30 horas, respectivamente), para telhados claros e limpos, sem pintura, com um ano de uso.

TEIXEIRA (2006) utilizou células-teste para analisar o comportamento térmico de coberturas de fibrocimento sem amianto, comparando os sistemas evaporativo (aspersão), radiante (revestimento aluminizado) e reflexivo (pintura de branco) na face externa da telha com tratamento controle (utilizando apenas a telha), em três períodos distintos (nos meses de janeiro e fevereiro), a fim de verificar a temperatura superficial interna da cobertura. A maior temperatura interna foi registrada na célula-teste controle (29°C) e a menor para o sistema reflexivo que foi de 24°C.

### **Modelo reduzido de galpão avícola**

Os custos envolvidos na realização de experimentos avícolas em condições de produção são elevados, por requererem a construção de abrigos completos. Para avaliação do comportamento térmico de um projeto, os modelos reduzidos podem ser utilizados, pois apresentam vantagens como baixo custo, menor mão de obra e tempo (JENTZSCH, 2002).

O uso de modelos em escala reduzida para estudo dos comportamentos físicos de um sistema se ampliou com a teoria da similitude (MURPHY, 1950 citado por JENTZSCH, 2002), cujo principal objetivo é estabelecer relações necessárias que permitam previsões reais feitas a partir de observações em modelos reduzidos e determinar a relação existente entre as variáveis envolvidas nos fenômenos físicos, nos quais o dado mais pertinente pode ser sistematizado com segurança (MORAES, 1999).

De acordo com SCHURING (1977) citado por JENTZSCH (2002), os modelos em escala, atendidos determinados critérios de similitude, podem ser substitutos válidos para sistemas que, por alguma razão, não podem ser estudados em protótipos de tamanho real. A reprodução em escala de fenômenos físicos pode ser vantajosa por quatro razões. Primeiro, quando o problema tratado é complexo ou pouco conhecido, sendo necessárias informações empíricas para uma abordagem analítica; segundo, os modelos reduzidos possibilitam a redução do sistema a proporções que facilitam seu manuseio; terceiro, permitem a redução no tempo gasto na pesquisa; e, quarto, proporcionam uma maior compreensão do fenômeno investigado.

O uso de modelos de galpões em escala reduzida permite a determinação do conforto térmico previsto para galpões em escala normal, sendo usados inclusive na estimativa de vários índices térmicos ambientais, cujo objetivo fundamental é determinar a adequação de um ambiente com relação a uma atividade ou a uma espécie animal (SILVA, 2000). De acordo com SANTOS et al. (2005), entre esses índices destacam-se o ITGU e a CTR. Além destes, a Entalpia também é utilizada como indicador de conforto térmico.

JENTZSCH (2002) utilizou um galpão de recria de aves em comparação a três modelos com diferentes escalas de redução (1:4; 1:8 e 1:12), com o objetivo de realizar

uma análise dimensional, utilizando o Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU) com variável de resposta, de modo a determinar as relações necessárias para que o comportamento dos parâmetros de conforto térmico de uma instalação em escala natural possa ser determinada a partir das observações em um modelo reduzido. Para os modelos em escala de redução de 1:8, os valores de ITGU, determinados para 10:00, 12:00, 14:00 e 16:00 horas foram 70,73; 72,52; 73, 89 e 75,56, respectivamente. Na escala de 1:12, os valores para esse índice foram 70,52; 71,99; 73,31 e 75,15 para os mesmos horários. Segundo este autor, usando-se o ITGU é possível prever as condições térmicas ambientais em um protótipo a partir de modelos reduzidos de até 12 vezes.

SANTOS et al. (2005) avaliando o ambiente térmico no interior modelos reduzidos, utilizaram protótipos construídos em escala de 1:10 para verificar o ITGU e a CTR em coberturas com telhas cerâmicas equipadas com ventilação natural ou forçada comparados a modelos construídos com telhas cerâmicas e de alumínio sem lanternim, por um período experimental de 10 dias, não consecutivos, de 10:00 às 16:00 horas. Os resultados demonstraram que as melhores condições térmicas no interior dos modelos em escala reduzida, para ITGU foram observadas nos tratamentos com telhas de cerâmica e câmaras de ventilação forçada ou natural (79,36 e 79,74, respectivamente). Para CTR os melhores valores apresentados foram para esses mesmos tratamentos ( $480 \text{ W.m}^{-2}$ ) e para os modelos com lanternim ( $481 \text{ W.m}^{-2}$ ), não havendo diferença entre eles. O tipo de cobertura B<sub>30SL</sub> (cobertura com telha de cerâmica tipo canal (romana) com 30° de inclinação, com lanternim e pé-direito de 3,5 m) apresentou valores de 80,28 para o ITGU e  $487 \text{ W.m}^{-2}$  para CTR.

CAMERINI et al. (2009) utilizaram modelos reduzidos de instalações agropecuárias em escala (1:10), com o objetivo de analisar o ambiente térmico através da determinação de ITGU e CTR, construídos com telha de alumínio, utilizando um modelos reduzido com forro de resíduo de EVA (Etileno-Acetato de Vinila) e o outro sem forro. O modelo reduzido com forro possibilitou uma pequena redução nos valores de ITGU de 78 para 77. A CTR do modelo com forro foi maior ( $450 \text{ W.m}^{-2}$ ) do que a do modelo sem forro ( $445 \text{ W.m}^{-2}$ ).

MORAES et al. (1999) trabalhando com modelos reduzidos simulando galpões avícolas em escala reduzida de 1:10, usaram telhas de cimento amianto como testemunha e associações com forro de polietileno; aspersão de água sobre a cobertura; dupla lâmina reflexiva de alumínio sob a cobertura; pintura branca na face superior da telha; poliuretano na face superior da cobertura; poliuretano na face inferior, com o objetivo de estudar o conforto térmico no interior dos modelos, através do ITGU e da CTR obtidos na altura do centro de massa das aves, a cada duas horas, das 8:00 às 18:00 horas, durante o verão. Verificaram que todos os tratamentos possibilitaram redução nos valores, às 10:00, 12:00, 14:00 e 16:00 horas, de ITGU (79,3; 82,0; 83,3 e 83,0 para testemunha), sendo o mais eficiente a aspersão, seguido do forro de polietileno. Nos mesmos horários, os valores para CTR foram 480,6; 496,6; 504,0; 501,4  $W.m^{-2}$  (na testemunha), o mais eficiente foi com forro de polietileno, seguido por aspersão.

SANTOS et al. (2004) analisaram coberturas com telhas de barro, cimento amianto e alumínio, para duas alturas de pé-direito, em condições de inverno, durante 10 dias experimentais, utilizando modelos reduzidos de galpões animais, em escala de 1:10, a fim de quantificar Carga Térmica de Radiação e Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade. Os dados de Temperatura de Globo Negro foram estimados a partir de leituras realizadas em globos-termômetros confeccionados com bolas de *pingue-pongue* pintadas de preto, tendo como leitores termômetros de vidro com escala de -90 a 110°C.

CONCEIÇÃO et al. (2008) estudaram a substituição do cimento amianto comparando telhas de cimento amianto pintadas com tinta reflexiva, telhas cerâmicas e telhas compostas de uma matriz à base de cimento Portland CII 32Z (ABNT NBR-5735), escória de alto-forno (EAF) e sílica ativa, reforçadas com fibras de polpa celulósica de sisal (*Agave sisalana*). Foram utilizados protótipos de galpões avícolas, em escala reduzida e distorcida (1:2 na vertical e 1:10 na horizontal) com medidas de 3,6m de comprimento por 1,2m de largura e 1,5m de altura. O calor produzido pelas aves foi simulado por lâmpadas incandescentes. Para caracterização do ambiente térmico lançou-se mão dos índices de conforto: ITU (Índice de Temperatura e Umidade), ITGU

(Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade), CTR (Carga Térmica de Radiação) e Entalpia (H). Os resultados demonstraram que as telhas de cimento amianto apresentaram valores para ITGU e CTR de 71,88 e 449,17 W.m<sup>-2</sup>, respectivamente. Para a H, o “dia crítico” de período de coleta apresentou o valor de 70,23 KJ Kg<sup>-1</sup> de ar seco.

## **EXPERIMENTO 1**

O Experimento 1 foi desenvolvido de modo a testar a influência da associação entre a tela de sombreamento e a pintura dos telhados sobre o conforto térmico no interior dos modelos reduzidos.

## **OBJETIVO ESPECÍFICO**

Avaliar o efeito das coberturas com uso da tela de sombreamento de 50% e pintura de cor branca na face externa do telhado, em modelos reduzidos simulando galpões avícolas, sobre os índices de conforto térmico ITGU, CTR e H, no município de São Luís - MA.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Local**

O experimento foi realizado na área da Unidade Experimental Avícola - Prof. José de Jesus Reis Ataíde, do Departamento de Zootecnia, do Centro de Ciências Agrárias (CCA), da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), câmpus de São Luís.

O município de São Luís - MA localiza-se numa ilha costeira a 2° 31' 47" de latitude sul e 44° 18' 10" de longitude oeste, com 24,39m de altitude. O clima predominante é o quente e úmido, apresentando durante todo o ano temperaturas elevadas, em média 27°C, com pequenas variações, sendo classificado por Köppen como Am, o que representa áreas em que todos os meses apresentam temperatura média maior que 18°C; quase todos os meses são quentes; durante a estação inverno

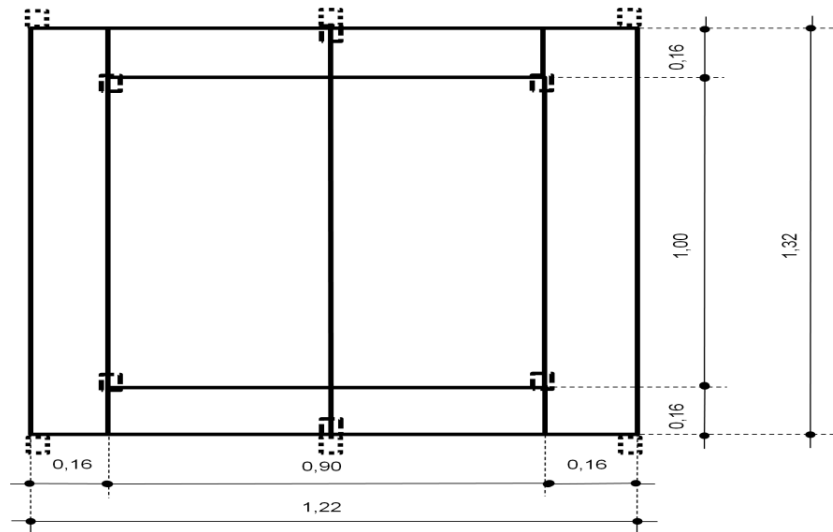
não são registradas baixas temperaturas; localizam-se na faixa tropical e apresentam precipitações de monção (IBGE, 2010).

### **Instalação do experimento**

Foram construídos 20 modelos reduzidos simulando galpões avícolas, em estrutura de madeira, em escala de 1:10, com cobertura em duas águas, utilizando telhas de fibrocimento, sem amianto, novas, com espessura de 4,0mm e cumeeira de telha cerâmica do tipo canal. Cada modelo representou um módulo de seção transversal de um galpão convencional para frangos de corte, com comprimento de 1,00m; largura de 0,90m; pé-direito de 0,35m; beiral de 0,16m; mureta de 0,02m e inclinação de 25° (Figura 1 - 3). Piso e muretas foram construídos em compensado com 10,00mm de espessura. Os modelos foram nivelados e fixados, em cavaletes, a uma altura de 1,00m do solo. Foram dispostos em um terreno com inclinação suave, com cobertura vegetal (gramíneas e espécies nativas), livre do sombreamento e dispostos em cinco linhas e quatro colunas, com distância de 4,00m entre linhas e colunas, para evitar a projeção de sombra de um modelo sobre o outro, orientados no sentido leste - oeste.

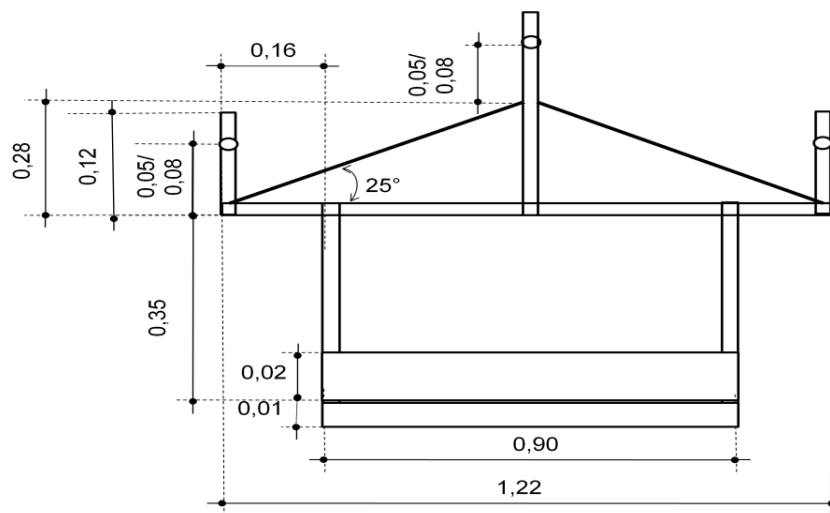


**Figura 1.** Vista parcial do modelo reduzido utilizado no Experimento 1.



**Figura 2.** Esquema dos modelos construídos em escala reduzida (1:10) – unidade em metros.

Para pintura das telhas foi utilizada uma mistura formulada com: 10 Kg de cal hidratada, 20 litros de água (conforme instrução do fabricante) e 1 Kg de acetato de polivinil (como fixador), que foi aplicada em duas demãos, com pincel, na face externa da cobertura.



**Figura 3.** Esquema da sessão transversal dos modelos físicos em escala reduzida (1:10), no Experimento 1 (unidade em metros).

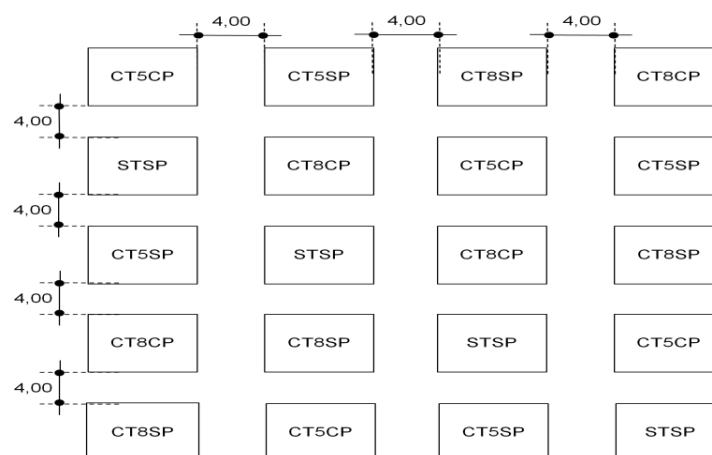
Foi utilizada uma tela de sombreamento de cor preta, com 50% de sombra, fixada na extremidade do beiral e na linha da cumeeira, com duas diferentes alturas - 0,05m e 0,08m. Para a estrutura de esticamento da tela de sombreamento foi utilizado arame galvanizado número 18.

### Tratamentos

Foram testados cinco tipos de sombreamento (Figura 4), sendo: 1- sem tela de sombreamento, sem pintura (STSP) - controle; 2- com tela de sombreamento a 0,05m de altura da telha, sem pintura (CT5SP); 3- com tela de sombreamento a 0,05m de altura da telha, com pintura (CT5CP); 4- com tela de sombreamento a 0,08m de altura da telha, sem pintura (CT8SP) e 5- com tela de sombreamento a 0,08m de altura da telha, com pintura (CT8CP).

### Colheita de dados

As medições das variáveis meteorológicas no interior dos modelos reduzidos foram realizadas durante 12 dias experimentais (no período de 04 a 15 de novembro de 2009), nos horários de 10:00, 12:00, 14:00 e 16:00 horas. Este período corresponde à época do ano em que se verificam as maiores temperaturas ambientes em São Luís (PORTELA & SILVA, 2010).



**Figura 4.** Esquema da distribuição das parcelas no Experimento 1 (unidade em metros).

## Instrumentação e medições das variáveis meteorológicas no interior dos modelos reduzidos

### Temperatura de globo negro

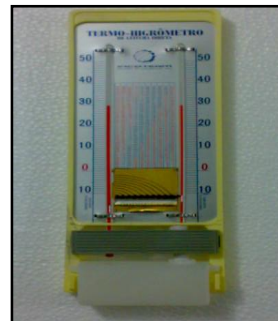
Para aferir a temperatura de globo negro utilizaram-se globos-termômetros confeccionados com bolas de PVC com 36mm de diâmetro pintadas de cor preta e termômetros de coluna de mercúrio - escala de 0 a 110°C - (Figura 5) foram instalados a 0,04m de altura do piso do modelo.

### Temperaturas de bulbo seco e bulbo úmido

Os dados de temperaturas de bulbo seco e bulbo úmido foram obtidos a partir de leitura em termo-higrômetro de leitura direta - Incoterm® - (Figura 6), fixado ao lado de cada globo-termômetro (Figura 7) e posicionado no centro de cada modelo reduzido (Figura 8).



**Figura 5.** Vista parcial do globo-termômetro.



**Figura 6.** Vista parcial do termo-higrômetro de leitura direta.



**Figura 7.** Vista parcial da fixação do globo-termômetro ao termo-higrômetro de leitura direta.



**Figura 8.** Vista parcial do posicionamento do globo-termômetro e do termo-higrômetro de leitura direta nos modelos reduzidos.

### Velocidade do ar

A velocidade do ar foi verificada utilizando-se o anemômetro digital de hélices - AN-3070; Icel® - (Figura 9), com as leituras feitas na altura de cada globo-termômetro (Figura 10).



Figura 9. Vista parcial do anemômetro digital de hélice.



Figura 10. Vista parcial do local de leitura da velocidade do vento.

### Cálculo dos índices térmicos ambientais

A partir dos dados colhidos, foram calculados o ITGU (Equação 1), a CTR (Equação 2 - 3) e a H (Equação 4), para cada tratamento. O ITGU e a CTR foram posteriormente corrigidos, de acordo com as Equações 5 e 6.

**Equação 1.** Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade – ITGU (BUFFINGTON et al. 1981 citado por ABREU et al. 2009).

$$ITGU = 0,72.(tgn+tbu)+40,6$$

Onde:

tgn = temperatura de globo negro, em °C; e

tbu = temperatura de bulbo úmido, em °C.

**Equação 2.** Carga Térmica de Radiação – CTR (Equação de Stefan-Boltzman citada por MORAES, 1999).

$$CTR = \sigma.(TRM)^4$$

Onde:

$\sigma$  = constante de Stefan- Boltzmann ( $5,67 \times 10^{-8} \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-4}$ ); e

TRM = temperatura radiante média, em K.

**Equação 3.** Temperatura Radiante Média - TRM.

$$\frac{\sigma T_{\text{TRM}}^4}{\sigma T_{\text{gn}}^4 + \sigma T_{\text{tbs}}^4} = \frac{v + 0,16}{v + 0,16 + 0,61 T_{\text{gn}}}$$

Onde:

v = velocidade do vento, em  $\text{m.s}^{-1}$ ;

tgn = temperatura de globo negro, em K; e

tbs = temperatura de bulbo seco, em K.

**Equação 4.** Entalpia – H (RODRIGUES et al. 2010).

$$H = 1,01 t_{\text{tbs}} + 1,88 UR (t_{\text{tbs}} - t_{\text{tbs}}) + 2,45 UR (t_{\text{tbs}} - t_{\text{tbs}}) + 0,00124 P_{\text{b}} (t_{\text{tbs}} - t_{\text{tbs}})^2$$

Onde:

tbs = temperatura de bulbo seco, em °C;

UR = umidade relativa do ar, em %; e

Pb = pressão atmosférica, em mmHg.

Para determinação dos valores da pressão atmosférica, em todos os experimentos, foi utilizado o programa CYTSoft Psychrometric Chart 2.2 Demo ®, a partir dos valores das temperaturas de bulbo seco e bulbo úmido.

**Correção dos valores de ITGU e CTR**

SILVA (1996) citado por MORAES (1999) propôs equações de regressão para valores de ITGU e CTR, para dados obtidos em globos de plástico com 36,0mm de

diâmetro (Equação 5 e Equação 6). Neste estudo, o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para correção do ITGU e da CTR foi de 0,99 para Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade corrigido ( $ITGU_{corr}$ ) e 0,98 para Carga Térmica de Radiação corrigida ( $CTR_{corr}$ ).

**Equação 5.** Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade corrigido -  $ITGU_{corr}$  (SILVA, 1996).

$$ITGU_{corr} = 12,9651 + 0,80531 \cdot ITGU$$

Onde:

ITGU = Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade calculado a partir do globo-termômetro.

**Equação 6.** Carga Térmica de Radiação corrigida -  $CTR_{corr}$  (SILVA, 1996).

$$CTR_{corr} = 135,938 + 0,66462 \cdot CTR$$

Onde:

CTR = Carga Térmica de Radiação calculada a partir do globo-termômetro.

As Equações 5 e 6 foram usadas no Experimento 1 em virtude da utilização do globo-termômetro para verificação da temperatura de globo negro.

### **Análise estatística**

Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados (BANZATTO e KRONKA, 1995), com parcelas subdivididas, sendo os blocos constituídos por períodos de um dia, tendo nas parcelas os tipos de cobertura e nas subparcelas os horários de colheita (12 blocos x 5 tipos de cobertura x 4 repetições x 4 horários de colheita). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e aplicação do teste de Tukey para a comparação de médias entre os tipos de cobertura, com nível de significância

de 5%. Foi realizada regressão polinomial para comparação entre os horários de colheita dos dados. As análises de variância foram realizadas utilizando-se o procedimento *General Linear Models* (GLM) do programa *Statistical Analysis System* (SAS 9.1®).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos no Experimento 1 encontram-se na Tabela 1, onde observa-se diferença significativa entre os tipos de cobertura e horário de colheita para todos os índices térmicos pesquisados ( $p < 0,05$ ). Este efeito pode ser explicado pela diferença natural da radiação solar sobre o telhado, ao longo do dia, nos horários verificados, o que concorda com MOURA (2001) que relata haver uma variação na temperatura ambiente ao longo do dia influenciada pela taxa de radiação solar. Não foi observada interação ( $p > 0,05$ ) entre tipo de cobertura e horário de colheita.

**Tabela 1.** Estatísticas obtidas na análise de variância para Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade corrigido (ITGUcorr), Carga Térmica de Radiação corrigida (CTRcorr) e Entalpia (H), nos modelos reduzidos simulando galpões avícolas, com tela de sombreamento de 50% e pintura de cor branca na face externa do telhado, em São Luís – MA, 2010.

Estatística	Índice		
	ITGUcorr	CTRcorr ( $W.m^{-2}$ )	H ( $KJ.Kg^{-1}$ )
F p/ BL	46,33 ( $p < 0,01$ )	4,48 ( $p < 0,01$ )	18,88 ( $p < 0,01$ )
F p/ TC	49,66 ( $p < 0,01$ )	34,70 ( $p < 0,01$ )	39,59 ( $p < 0,01$ )
F p/ h	134,04 ( $p < 0,01$ )	22,88 ( $p < 0,01$ )	34,68 ( $p < 0,01$ )
F p/ TC*h	0,50 ( $p > 0,10$ )	0,53 ( $p > 0,10$ )	0,38 ( $p > 0,10$ )
CV P	0,67%	2,45 %	4,1%
CV SP	0,97%	3.44%	4,49%

BL= bloco; TC= tipo de cobertura; h= horário de colheita; TC\*h= interação tipo de cobertura e horário de colheita; CV P= coeficiente de variação da parcela; CV SP= coeficiente de variação da subparcela.

A Tabela 2 descreve as médias e os tipos de efeito obtidos no Experimento 1 e demonstra que os tipos de cobertura que apresentaram os melhores valores para ITGUcorr, CTRcorr e H foram o CT5SP, CT5CP e o CT5SP, respectivamente, o que sugere ser a altura de 0,05m a mais indicada para as condições aqui testadas. Isto

possivelmente ocorreu em razão do menor volume de ar entre a telha e a tela que, em função da alta velocidade média do ar verificada em São Luís, no período da colheita dos dados ( $5,98 \text{ m.s}^{-1}$ ), proporcionou maior perda de calor por convecção do telhado. VITTORINO et al. (2003) relataram que a eficiência do processo de convecção depende fortemente da incidência de vento.

TIMMONS & HILLMAN (1993) citados por FURLAN & MACARI (2002) sugeriram que  $35^{\circ}\text{C}$  seria a temperatura ambiente mais alta, na qual um aumento da velocidade do ar, por si só, seria capaz de reduzir o estresse calórico em frangos de corte, visto que o aumento da ventilação melhora a habilidade da ave em dissipar calor por convecção. As temperaturas verificadas em São Luís foram menores do que o valor citado por estes autores.

A variação do ITGUcorr, da CTRcorr e da H verificados nos tratamentos ao longo dos horários de colheita demonstram um acréscimo e em seguida um decréscimo dos valores para as três variáveis estudadas (Tabela 2).

Verifica-se que, na Tabela 2, para o ITGUcorr, o tipo de cobertura CT5SP registrou diferença ( $p < 0,05$ ) entre os demais tratamentos, apresentando as menores médias em todas os horários pesquisados, o mesmo ocorrendo para a Entalpia. No caso da CTRcorr, o tipo de cobertura CT5CP diferiu dos demais tratamentos ( $p < 0,05$ ).

Considerando o tipo de cobertura, a menor média para ITGUcorr (79,81) foi observada na cobertura CT5SP (Tabela 2), encontrando-se dentro do limite considerado por TEIXEIRA (1983) para frangos de corte, que é, entre 12:00 e 14:00 horas, de 79,5 a 81,6, porém, o resultado indica condição de desconforto térmico, de acordo com dados de MEDEIROS & VIEIRA (1997). O valor demonstrado no Experimento 1 foi menor do que o relatado por SANTOS et al. (2005) para modelos cobertos com telha cerâmica.

NÄÄS et al. (2001b), utilizando telha de fibrocimento ondulada, pintada com uma demão de tinta látex branca, registraram, para Carga Térmica de Radiação, o valor de  $475,19 \text{ W.m}^{-2}$ , às 14:30 horas. Todos os resultados obtidos no Experimento 1, para CTRcorr, ficaram acima deste valor de referência citado. Isto provavelmente ocorreu devido à localização geográfica do município de São Luís - região equatorial, a qual

apresenta uma alta incidência de radiação solar (MARIN et al. 2008), o que influi fortemente na CTR verificada, com o melhor resultado encontrado ( $480,12 \text{ W.m}^{-2}$ ), apresentado pelo tratamento CT5CP (Tabela 2). Este valor foi inferior ao relatado por SANTOS et al. (2005), possivelmente em função da diferença de material utilizado na cobertura. A pintura na cor branca, da superfície externa da cobertura do modelo reduzido, pode ter aumentado sua refletância aos raios solares incidentes sobre o telhado (BERDAHL e BRETZ, 1997), diminuindo assim a sua carga térmica.

**Tabela 2.** Médias e tipos de efeito obtidos para Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade corrigido (ITGUcorr), Carga Térmica de Radiação corrigida (CTRcorr) e Entalpia (H), por tipo de cobertura, por horário de colheita, nos modelos reduzidos simulando galpões avícolas, com tela de sombreamento de 50% e pintura de cor branca na face externa do telhado, em São Luís – MA, 2010.

Índice	Tipo de cobertura	Horário de colheita				Geral	Efeito	
		10:00	12:00	14:00	16:00		Lin	Qua
ITGUcorr	STSP	80,06	81,19	80,79	79,82	80,47ab		
	CT5SP	79,33	80,50	80,10	79,33	79,81c		
	CT5CP	79,80	80,95	80,57	79,93	80,31b		
	CT8SP	80,00	81,14	80,78	80,06	80,50a		
	CT8CP	79,79	81,11	80,53	79,92	80,34ab		
Geral		79,80	80,98	80,56	79,81		p=0,1047	p<0,0001
CTRcorr ( $\text{W.m}^{-2}$ )	STSP	493,25	497,25	488,24	481,25	490,00a		
	CT5SP	493,53	498,45	489,28	483,56	491,21a		
	CT5CP	481,25	485,25	480,04	473,95	480,12c		
	CT8SP	491,46	496,68	489,05	488,90	491,52a		
	CT8CP	486,61	489,01	482,37	478,03	484,01b		
Geral		489,22	493,33	485,79	481,14		p<0,0001	p=0,0001
H ( $\text{KJ.Kg}^{-1}$ )	STSP	81,02	83,80	83,46	81,18	82,37a		
	CT5SP	77,12	79,91	79,72	78,62	78,84b		
	CT5CP	80,65	83,63	83,36	82,03	82,42a		
	CT8SP	80,03	82,86	82,68	81,07	81,66a		
	CT8CP	80,16	83,94	82,86	81,93	82,22a		
Geral		79,80	82,83	82,42	81,00		p<0,0001	p<0,0001

Lin= efeito linear; Qua= efeito quadrático.

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey ( $p<0,05$ ).

Analisado a Entalpia, todos os valores encontrados foram superiores aos determinados por BARBOSA FILHO (2005) dentro de galpões de produção (às 10:00,

12:00, 14:00 e 16:00 horas). Isto pode ter ocorrido em função da utilização, aqui neste trabalho, da Equação proposta por RODRIGUES et al. (2010), que determina a Entalpia considerando a pressão atmosférica dos locais onde a verificação está sendo realizada, o que, segundo este autor, pode resultar em valores sub ou superestimados em relação aos valores de referência anteriormente propostos. O melhor resultado para H (78,84 KJ.Kg<sup>-1</sup>) foi verificado no tipo de cobertura CT5SP (Tabela 2), sendo superior ao valor determinado por CONCEIÇÃO et al. (2008). Embora este valor tenha sido significativamente inferior aos dos demais tratamentos, indica condição de estresse térmico, segundo BARBOSA FILHO (2004).

Com a verificação do efeito quadrático para o ITGUcorr, CTRcorr e H, foi elaborada a Tabela 3, que apresenta as equações ajustadas e os coeficientes de determinação para os três índices. Sua utilização permite estimar os horários máximos para os índices pesquisados.

O maior valor de ITGUcorr obtido neste experimento ocorreu às 12:55 horas (Tabela 3), discordando dos valores propostos por JÁCOME et al. (2007) que observaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os horários (8:00, 10:00, 12:00, 14:00 e 16:00 horas), com aumento do ITGU das 8:00 às 12:00 horas, diminuindo logo a seguir

**Tabela 3.** Equação ajustada; coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e horário máximo (h máx) obtidos para Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade corrigido (ITGUcorr), Carga Térmica de Radiação corrigida (CTRcorr) e Entalpia (H), nos modelos reduzidos simulando galpões avícolas, com tela de sombreamento de 50% e pintura de cor branca na face externa do telhado, em São Luís – MA, 2010.

Índice	Equação	$R^2$	h máx
ITGUcorr	$y = -0,1206x^2 + 3,1168x + 60,758$	0,92	12:55
CTRcorr (W.m <sup>-2</sup> )	$y = -0,5475x^2 + 12,646x + 418,24$	0,87	11:33
H (KJ.Kg <sup>-1</sup> )	$y = -0,2781x^2 + 7,3908x + 33,826$	0,95	13:17

Com relação à CTRcorr, os resultados não se assemelham àqueles encontrados por FIORELLI et al. (2009) que verificaram valores de Carga Térmica de Radiação (para 10:00, 12:00, 14:00 e 16:00 horas) crescentes até 14:00 horas e diminuindo após este

horário. No Experimento 1, a Carga Térmica de Radiação corrigida alcançou seu valor máximo às 11:33 horas (Tabela 3).

Para a Entalpia, de acordo com a Tabela 3, o maior valor encontrado no Experimento 1 ocorreu às 13:17 horas, sendo portanto diferente dos valores descritos por BARBOSA FILHO et al. (2005), que encontraram o valor máximo às 12:00 horas.

## **CONCLUSÃO**

Em São Luís - MA, a tela de sombreamento de 50% e pintura de cor branca na face externa do telhado em modelos reduzidos simulando galpões avícolas influenciaram os índices de conforto térmico testados.

A tela de sombreamento na cor preta com 50% de sombra, posicionada a 0,05m de altura da telha de fibrocimento, nova, sem amianto, sem pintura na face externa apresentou os melhores resultados para o Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade corrigido e para Entalpia. Para a Carga Térmica de Radiação, o tipo de cobertura com tela a 0,05m de altura da telha de fibrocimento, nova, sem amianto, com pintura foi aquele que demonstrou o melhor resultado.

## **EXPERIMENTO 2**

O Experimento 2 foi desenvolvido com a finalidade de verificar se o padrão de resposta observado em uma região de clima quente e úmido (São Luís - MA) se repetiria em um local de clima quente e seco (Jaboticabal - SP).

## **OBJETIVO ESPECÍFICO**

Avaliar o efeito das coberturas com uso da tela de sombreamento de 50% e pintura de cor branca na face externa do telhado, no conforto térmico usando modelos em escala reduzida simulando galpões avícolas, no município de Jaboticabal – SP.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Local**

Experimento 2 foi realizado no campo experimental do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, da Universidade Estadual Paulista (UNESP), câmpus de Jaboticabal.

O município de Jaboticabal - SP localiza-se a 21° 14' 5" de latitude sul, 48° 17' 9" de longitude oeste e 615,01m de altitude (EXATAS, 2010a). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é Cwa, sendo do tipo subtropical, com inverno seco e chuvas no verão (VASCONCELLOS, 1998).

### **Instalação do experimento**

Foram construídos 20 modelos reduzidos simulando galpões avícolas idênticos aos usados no Experimento 1, com a cumeeira de telha paulista, os quais foram nivelados e fixados em placas de cimento (ao nível do solo), a uma altura de 0,10m. Foram dispostos em um terreno com inclinação suave, com cobertura vegetal (gramíneas de espécies nativas), livre do sombreamento e dispostos em cinco linhas e quatro colunas, orientados no sentido leste - oeste, distanciados 1,50m entre linhas e colunas em função desta distância ser suficiente para não projetar a sombra de um modelo sobre o outro e pelas distâncias entre as placas no campo experimental.

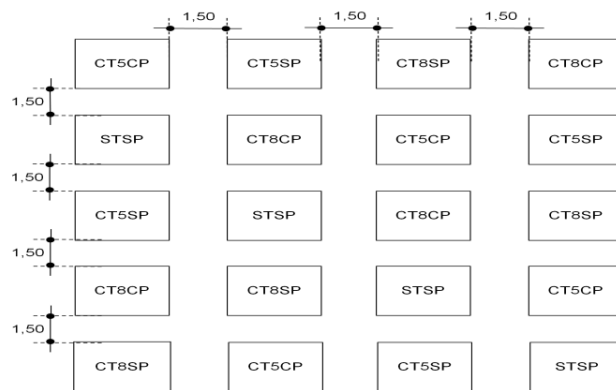
Para pintura das telhas, foi utilizada uma mistura formulada com 10 Kg de cal para pintura; 25 litros de água (conforme instrução do fabricante) e 1 Kg de acetato de polivinil (como fixador), que foi aplicada em duas demãos, com pincel, na face externa da cobertura.

A tela de sombreamento utilizada possuía malha de 50% de sombra, tendo sido fixada na extremidade do beiral e na linha da cumeeira, com duas diferentes alturas - 0,05m e 0,08m.

### **Tratamentos**

Foram testados cinco tipos de cobertura, sendo: 1- sem tela de sombreamento,

sem pintura (STSP) - controle; 2- com tela de sombreamento a 0,05m de altura da telha, sem pintura (CT5SP); 3- com tela de sombreamento a 0,05m de altura da telha, com pintura (CT5CP); 4- com tela de sombreamento a 0,08m de altura da telha, sem pintura (CT8SP) e 5- com tela de sombreamento a 0,08m de altura da telha, com pintura (CT8CP), dispostos conforme Figura 11 e Figura 12.



**Figura 11.** Esquema da distribuição das parcelas no Experimento 2 (unidade em metros).



**Figura 12.** Disposição dos modelos reduzidos simulando galpões avícolas utilizados no Experimento 2.

### Colheita de dados

Os registros das temperaturas de globo negro, bulbo seco e bulbo úmido no interior dos modelos reduzidos foram realizadas por 40 dias experimentais (no período de 13 de fevereiro a 24 de março de 2010), nos horários de 10:00, 12:00, 14:00 e 16:00 horas. As colheitas de dados ocorreram neste período em virtude desta ser a época do ano em que se verificam as maiores temperaturas ambiente no município de Jaboticabal (EXATAS, 2010b).

## **Instrumentação e medições das variáveis meteorológicas no interior dos modelos reduzidos**

### **Temperaturas de globo negro, de bulbo seco e bulbo úmido**

Os dados de temperaturas de globo negro, bulbo seco e bulbo úmido foram obtidos a partir da leitura e registro no Termômetro de Globo Digital (TGD-300), Instrutherm® (Figura 13) posicionados no centro do modelo reduzido (Figura 14).

Foram usados cinco Termômetros de Globo Digital, razão esta que determinou o delineamento estatístico proposto, pois foi utilizado um TGD-300 para leitura simultânea em cada tratamento.



**Figura 13.** Vista parcial do termômetro de globo digital utilizado no Experimento 2.



**Figura 14.** Vista parcial do posicionamento do termômetro de globo digital no interior dos modelos reduzidos no Experimento 2.

### **Velocidade do ar**

Para o registro da velocidade do ar, foram utilizados os dados meteorológicos fornecidos pela Estação Agroclimatológica do Departamento de Ciências Exatas, da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, da Universidade Estadual Paulista, campus de Jaboticabal, localizada a 750m do local de instalação do experimento.

### **Cálculo dos índices térmicos ambientais**

Foram realizados a partir das Equações 1, 2 e 4.

## Análise Estatística

Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados (BANZATTO e KRONKA, 1995), com parcelas subdivididas, sendo os blocos constituídos por períodos de três dias, tendo nas parcelas os tipos de cobertura e nas subparcelas os horários de colheita (4 blocos x 5 tipos de cobertura x 4 repetições x 4 horários de colheita). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e aplicação do teste de Tukey para a comparação de médias entre os tipos de cobertura, com nível de significância de 5%. As análises de variância foram realizadas utilizando-se o procedimento *General Linear Models* (GLM) do programa *Statistical Analysis System* (SAS 9.1®).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores obtidos na análise de variância do Experimento 2 encontram-se demonstrados na Tabela 4. Pode-se notar que não houve diferença entre os tipos de cobertura ( $p > 0,05$ ). O horário de colheita influenciou significativamente os três índices avaliados ( $p < 0,05$ ), sugerindo que a variação cíclica diária de temperatura influencia as respostas obtidas (SOUZA JÚNIOR et al. 2008). Não foi verificada interação entre os tipos de cobertura e os horários de colheita ( $p > 0,05$ ).

**Tabela 4.** Estatísticas obtidas na análise de variância para Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU), Carga Térmica de Radiação (CTR) e Entalpia (H), nos modelos reduzidos simulando galpões avícolas, com tela de sombreamento de 50% e pintura de cor branca na face externa do telhado, em Jaboticabal – SP, 2010.

Estatística	Índice		
	ITGU	CTR ( $W.m^{-2}$ )	H ( $KJ.Kg^{-1}$ )
F p/ BL	26,29 ( $p < 0,01$ )	11,13 ( $p < 0,01$ )	55,25 ( $p < 0,01$ )
F p/ TC	0,15 ( $p > 0,10$ )	0,52 ( $p > 0,10$ )	2,30 ( $p = 0,06$ )
F p/ h	16,43 ( $p < 0,01$ )	21,17 ( $p < 0,01$ )	12,17 ( $p < 0,01$ )
F p/ TC*h	0,08 ( $p > 0,10$ )	0,20 ( $p > 0,10$ )	0,12 ( $p > 0,10$ )
CV P	6,32%	8,43%	18,20%
CV SP	3,58%	7,18%	6,84%

BL= bloco; TC= tipo de cobertura; h= horário de colheita; TC\*h= interação tipo de cobertura e horário de colheita; CV P= coeficiente de variação da parcela; CV SP= coeficiente de variação da subparcela.

Os valores médios e os tipos de efeito obtidos para os índices térmicos considerando cada tratamento estão descritos na Tabela 5, onde verifica-se que o tipo de cobertura CT8CP foi o que apresentou os menores resultados para Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade e Entalpia, já para Carga Térmica de Radiação, a cobertura que demonstrou o menor valor foi a CT5CP.

**Tabela 5.** Médias e tipo de efeito obtidos para Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU), Carga Térmica de Radiação (CTR), Entalpia (H), por horário de colheita, nos modelos reduzidos simulando galpões avícolas, com tela de sombreamento de 50% e pintura de cor branca na face externa do telhado, em Jaboticabal – SP, 2010.

Índice	Tipo de cobertura	Horário de colheita				Geral	Efeito	
		10:00	12:00	14:00	16:00		Lin	Qua
ITGU	STSP	81,83	84,30	84,96	86,03	84,28		
	CT5SP	82,03	84,50	84,86	85,50	84,22		
	CT5CP	81,60	84,31	85,12	85,17	84,06		
	CT8SP	82,28	84,55	84,66	85,34	84,21		
	CT8CP	81,58	84,06	84,48	85,33	83,86		
Geral		81,86	84,34	84,82	85,47		p<0,0001	p=0,0200
CTR (W.m <sup>-2</sup> )	STSP	533,95	549,33	556,54	601,26	560,27		
	CT5SP	532,25	542,52	548,71	580,86	551,08		
	CT5CP	526,19	543,09	554,19	574,61	549,52		
	CT8SP	537,41	547,05	546,99	587,00	554,61		
	CT8CP	527,58	544,29	550,42	590,72	553,25		
Geral		531,48	545,26	551,37	586,89		p<0,0001	p=0,0353
H (KJ.Kg <sup>-1</sup> )	STSP	83,49	88,40	89,52	89,92	87,83		
	CT5SP	85,06	90,44	91,05	90,67	89,31		
	CT5CP	84,79	90,57	92,12	91,02	89,62		
	CT8SP	84,46	88,89	88,88	88,05	87,57		
	CT8CP	82,70	87,38	87,83	87,74	86,41		
Geral		84,10	89,13	89,88	89,48		p<0,0001	p=0,0006

Lin= efeito linear; Qua= efeito quadrático.

O tipo de cobertura que apresentou o melhor resultado para o ITGU (83,86) foi o CT8CP (Tabela 5), que supera o valor verificado por JENTZSCH (2002) para modelos reduzidos em escala de 1:8, cobertos com telha de cimento amianto. Este valor também é superior ao valor de 72,9 estabelecido por CELLA et al. (2001), para frangos de corte

aos 21 dias de idade e, de acordo com a classificação proposta por MEDEIROS & VIEIRA (1997), indica que somente com sistemas artificiais de condicionamento térmico as aves produziram nesse ambiente.

Com relação à CTR, o menor valor encontrado foi  $549,52 \text{ W.m}^{-2}$ , no tipo de cobertura CT5CP (Tabela 5), superando o valor proposto por CAMERINI et al. (2009) para modelos em escala de 1:10 cobertos com telha de alumínio. O valor determinado no Experimento 2 foi maior do que o valor obtido por MORAES (1999) para coberturas com telhas de cimento amianto pintadas de branco ( $453,13 \text{ W.m}^{-2}$ ). Entretanto, FIORELLI et al. (2009) encontraram um valor médio para a Carga Térmica de Radiação, medida às 10:00, 12:00, 14:00 e 16:00 horas, de  $557,42 \text{ W.m}^{-2}$ , utilizando protótipos com área coberta de  $32,0\text{m}^2$ , com telha de fibrocimento, sem pintura. O menor valor registrado neste experimento, em comparação ao dado apresentado por FIORELLI et al. (2009), pode ter sido determinado pelo efeito da pintura de cor branca sobre a carga térmica da cobertura (BERDAHL e BRETZ, 1997) em associação com a menor área de exposição da cobertura dos modelos reduzidos aqui utilizados ( $1,61\text{m}^2$ ).

Na Tabela 5, observou-se que o tipo de cobertura CT8CP foi o que apresentou o menor valor para a Entalpia ( $86,41 \text{ KJ.Kg}^{-1}$ ), sendo menor do que o valor descrito por SEVEGNANI et al. (1994). Embora o CT8CP tenha apresentado melhor resultado médio aqui neste experimento, ainda assim, este foi superior aos encontrados por NÄÄS et al. (1995) e SILVA et al. (2006), que trabalhando com Entalpia como variável de avaliação de conforto térmico e bem-estar para frangos de corte e poedeiras, encontraram valores de 80 e até  $65,7 \text{ KJ.Kg}^{-1}$ , respectivamente. O valor aqui determinado indica que a quantidade de calor presente na massa de ar seco supera os limites ideais para frangos de corte (BARBOSA FILHO, 2004).

Foram verificados efeitos quadráticos para os três índices pesquisados, a partir dos quais foram estimadas as equações ajustadas, os coeficientes de determinação e os horários máximos para os índices térmicos pesquisados (Tabela 6).

Considerando o ITGU por tipo de cobertura e por horário de colheita, observa-se uma tendência de aumento dos valores (Tabela 5), alcançando o valor máximo às 15:28

horas (Tabela 6), diminuindo após este horário. O mesmo tipo de perfil para ITGU foi também verificado por BARBOSA FILHO et al. (2005).

Para a Carga Térmica de Radiação, houve um crescimento nos valores durante os horários de colheita (Tabela 5), com o valor máximo alcançado às 16:00 horas (Tabela 6) para todos os tratamentos, o que difere da resposta encontrada por MORAES et al. (1999) que verificaram um decréscimo nos valores entre 14:00 e 16:00 horas. O perfil apresentado em Jaboticabal pode ter acontecido em função da taxa de radiação solar, que no mês da colheita dos dados, é responsável pelas temperaturas ambientes mais altas do ano (EXATAS, 2010b). A taxa média de radiação solar global registrada em Jaboticabal entre 13 de fevereiro e 24 de março de 2010 foi de 20,32 MJ.m<sup>-2</sup> (EXATAS, 2010c).

**Tabela 6.** Equação ajustada; coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) e horário máximo (h máx) obtidos para Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU), Carga Térmica de Radiação (CTR) e Entalpia (H), nos modelos reduzidos simulando galpões avícolas, com tela de sombreamento de 50% e pintura de cor branca na face externa do telhado, em Jaboticabal – SP, 2010.

Índice	Equação	R <sup>2</sup>	h Max
ITGU	$y = -0,1144x^2 + 3,5392x + 58,014$	0,97	15:28
CTR (W.m <sup>-2</sup> )	$y = 1,3588x^2 - 26,711x + 664,56$	0,96	16:00
H (KJ.Kg <sup>-1</sup> )	$y = -0,3394x^2 + 9,6682x + 21,512$	0,98	14:14

No caso da Entalpia, constatou-se uma tendência de aumento seguida de uma diminuição dos valores (Tabela 5). O horário máximo ocorreu às 14:14 horas (Tabela 6). Estes dados diferem de BARBOSA FILHO et al. (2005) que encontraram valores crescentes até as 12:00 horas. A faixa crítica de Entalpia verificada neste experimento, em um horário mais tardio, possivelmente aconteceu em função da presença da cobertura da tela de sombreamento que diminuiu a carga térmica sobre o telhado, proporcionando um aquecimento mais lento da cobertura.

## **CONCLUSÃO**

Em Jaboticabal – SP, a tela de 50% de sombreamento, na cor preta, a 0,05 e 0,08m de altura da telha de fibrocimento, nova, sem amianto, com pintura na cor branca na face externa do telhado não melhorou as condições de conforto térmico nos modelos em escala reduzida simulando galpões avícolas.

## **EXPERIMENTO 3**

O Experimento 3 foi desenvolvido para verificar se diferentes malhas de sombreamento, na cor preta, influenciariam a resposta obtida pela determinação dos índices térmicos ambientais.

## **OBJETIVO ESPECÍFICO**

Avaliar o efeito das coberturas com uso de telas de sombreamento de 50% e 80% sobrepondo os telhados, na melhoria do conforto térmico em modelos reduzidos simulando galpões avícolas, no município de São Luís – MA.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

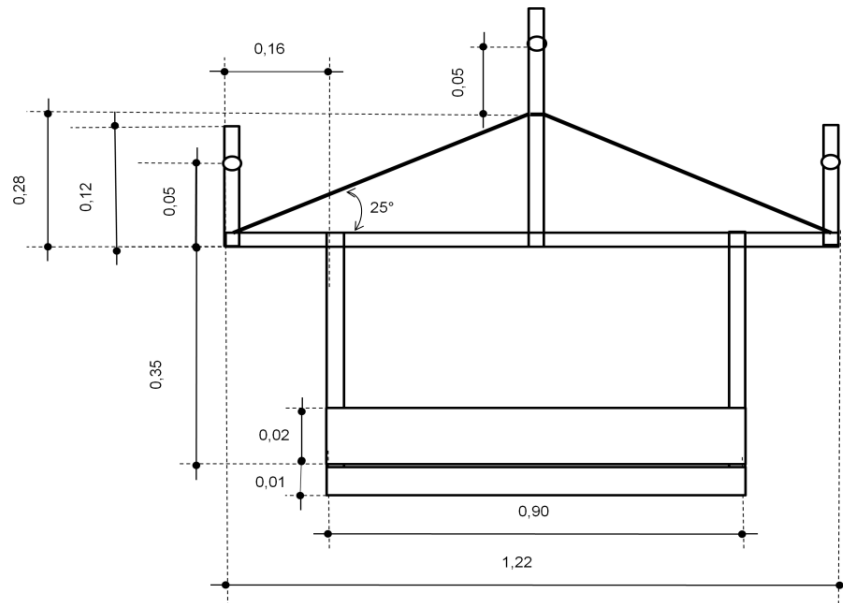
### **Local**

O Experimento 3 foi realizado na área da Unidade Experimental Avícola, da UEMA, câmpus de São Luís, no município localizado a 2° 31' 47" de latitude sul e 44° 18' 10" de longitude oeste.

### **Instalação do experimento**

Foram usados 18 dos mesmos modelos reduzidos simulando galpões avícolas usados no Experimento 1, com dois tipos de tela de sombreamento de polipropileno - 50 e 80% de sombra - fixados na extremidade do beiral e na linha da cumeeira, a uma altura de 0,05m da telha (Figura 15).

Os modelos foram dispostos em três colunas e seis linhas, orientados no sentido leste - oeste, distanciados 4,00m entre linhas e entre colunas.



**Figura 15.** Esquema da seção transversal dos modelos físicos em escala reduzida (1:10), no Experimento 3 (unidade em metros).

### Tratamentos

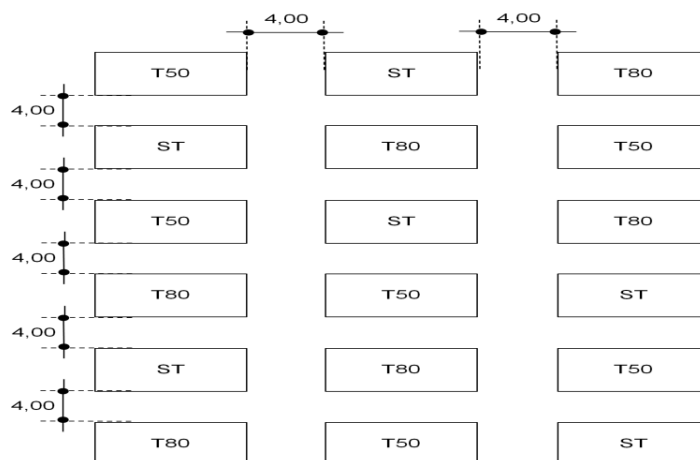
Foram testados três tipos de cobertura (telhas novas de fibrocimento, com 4,0mm de espessura, sem amianto, pintadas com cal branca na face externa), sendo: 1- sem tela de sombreamento (ST) - controle; 2- com tela de sombreamento com 50% de sombra (T50) e 3- com tela de sombreamento com 80% de sombra (T80), conforme Figura 16.

### Colheita de dados

Foi realizada por 12 dias experimentais (de 18 a 29 de novembro de 2009), com as colheitas efetuadas às 10:00, 12:00, 14:00 e 16:00 horas.

### Instrumentação e medições das variáveis meteorológicas no interior dos modelos reduzidos

A verificação das temperaturas de globo negro, de bulbo seco e bulbo úmido e da velocidade do ar foram efetuados de maneira semelhante ao Experimento 1.



**Figura 16.** Esquema da distribuição das parcelas no Experimento 3 (unidade em metros).

### Cálculo dos índices térmicos ambientais

Foram usadas as Equações 1, 2, 4, 5 e 6 descritas no Experimento 1.

### Análise estatística

Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados (BANZATTO e KRONKA, 1995), com parcelas subdivididas, sendo os blocos constituídos por períodos de um dia, tendo nas parcelas os tipos de cobertura e nas subparcelas os horários de colheita (12 blocos x 3 tipos de cobertura x 6 repetições x 4 horários de colheita). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e aplicação do teste de Tukey para a comparação de médias entre os tipos de cobertura, com nível de significância de 5%. As análises de variância foram realizadas utilizando-se o procedimento *General Linear Models* (GLM) do programa *Statistical Analysis System* (SAS 9.1®).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados mostrados na Tabela 7, pode-se verificar efeito significativo ( $p < 0,05$ ) para os tipos de cobertura e o horário de colheita, entretanto não foi observada interação significativa ( $p > 0,05$ ) entre os tipos de cobertura e os horários de colheita sobre os três índices pesquisados.

**Tabela 7.** Estatísticas obtidas na análise de variância para Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade corrigido (ITGUcorr), Carga Térmica de Radiação corrigida (CTRcorr) e Entalpia (H), nos modelos reduzidos simulando galpões avícolas, com tela de sombreamento de 50% e 80%, em São Luís – MA, 2010.

Estatística	Índice		
	ITGUcorr	CTRcorr (W.m <sup>-2</sup> )	H (KJ.Kg <sup>-1</sup> )
F p/ BL	25,46 (p<0,01)	1,90 (p=0,04)	10,40 (p<0,01)
F p/ TC	143,30 (p<0,01)	46,51 (p<0,01)	276,88 (p<0,01)
F p/ h	132,65 (p<0,01)	5,11 (p<0,01)	27,64 (p<0,01)
F p/ TC*h	0,23 (p>0,10)	0,69 (p>0,10)	0,11 (p>0,10)
CV P	0,33%	2,31%	1,63%
CV SP	1,00%	3,76%	4,90%

BL= bloco; TC= tipo de cobertura; h= horário de colheita. TC\*h= interação tipo de cobertura e horário de colheita. CV P= coeficiente de variação da parcela; CV SP= coeficiente de variação da subparcela.

As médias e os tipos de efeito obtidos neste experimento são descritos na Tabela 8, onde foi observado que o tipo de cobertura T50 apresentou os melhores valores para ITGUcorr e H em relação aos demais tratamentos. Para a CTRcorr, o melhor resultado foi verificado para cobertura T80 (486,32 W.m<sup>-2</sup>), não deferindo porém do tipo de cobertura ST (controle), possivelmente ocasionado pela maior eficiência de sombra apresentada pela tela de 80% de sombreamento.

Para ITGUcorr e H, a cobertura T50 diferiu significativamente (p<0,05) dos demais tipos, sendo aquela que apresentou as menores médias ao longo de todos os horários de colheita dos dados. O tipo de cobertura T80, embora tenha apresentado o menor valor para CTRcorr, não diferiu do tratamento sem tela (Tabela 8).

As equações e os coeficientes de determinação são descritos na Tabela 9, que foi elaborada a partir da verificação dos efeitos quadráticos para todos os índices pesquisados e permite estimar os valores máximos alcançados pelo ITGUcorr, pela CTRcorr e H.

O perfil dos tratamentos para ITGUcorr demonstra uma curva ascendente até às 13:01 horas (Tabela 9). A partir deste horário inicia-se uma diminuição dos valores que se acentua após as 14:00 horas para todas as coberturas testadas (Tabela 8). Este tipo de comportamento foi o mesmo verificado por SARMENTO et al. (2005) que registraram

uma diminuição dos valores de ITGU, para coberturas com telha de fibrocimento, com sistema de ventilação artificial, com e sem pintura de branco na face externa da cobertura, a partir das 13:00 horas, demonstrando que os valores para este índice variaram ao longo do experimento, em função dos horários.

**Tabela 8.** Médias e tipo de efeito obtidos para Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade corrigido (ITGUcorr), Carga Térmica de Radiação corrigida (CTRcorr) e Entalpia (H) por tipo de cobertura, por horário de colheita, nos modelos reduzidos simulando galpões avícolas, com tela de sombreamento de 50% e 80%, em São Luís – MA, 2010.

Índice	Tipo de cobertura	Horário de colheita				Geral	Efeito	
		10:00	12:00	14:00	16:00		Lin	Qua
ITGUcorr	ST	79,60	80,76	80,59	79,57	80,13b		
	T50	79,33	80,47	80,41	79,38	79,90c		
	T80	79,69	80,81	80,82	79,78	80,27a		
Geral		79,54	80,68	80,61	79,58		p=0,8688	p<0,0001
CTRcorr (W.m <sup>-2</sup> )	ST	486,10	491,00	485,23	484,88	486,80b		
	T50	492,85	497,37	495,60	491,88	494,43a		
	T80	482,04	489,95	489,53	483,77	486,32b		
Geral		487,00	492,77	490,12	486,85		p=0,5791	p=0,0003
H (KJ.Kg <sup>-1</sup> )	ST	79,40	82,22	82,26	79,88	80,94b		
	T50	77,53	79,93	80,23	78,29	79,00c		
	T80	79,89	82,44	82,83	80,53	81,42a		
Geral		78,94	81,43	81,77	79,57		p=0,0765	p<0,0001

Lin= efeito linear; Qua: efeito quadrático.

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey (p<0,05).

**Tabela 9.** Equação ajustada; coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) e horário máximo (h máx) obtidos para Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade corrigido (ITGUcorr), Carga Térmica de Radiação corrigida (CTRcorr) e Entalpia (H), nos modelos reduzidos simulando galpões avícolas, com tela de sombreamento de 50% e 80%, em São Luís – MA, 2010.

Índice	Equação	R <sup>2</sup>	h máx
ITGUcorr	$y = -0,1356x^2 + 3,5287x + 57,828$	1,00	13:01
CTRcorr (W.m <sup>-2</sup> )	$y = -0,565x^2 + 14,535x + 398,54$	0,87	12:52
H (KJ.Kg <sup>-1</sup> )	$y = -0,2931x^2 + 7,7327x + 30,906$	1,00	13:11

Para a CTRcorr a cobertura T50 apresentou valores mais elevados do que os demais tipos (Tabela 8), indicando sua menor capacidade em diminuir a radiação

incidente no telhado em função do seu menor percentual de sombreamento. Em todos os demais tratamentos houve o mesmo padrão de resposta com o valor máximo ocorrendo às 12:52 horas (Tabela 9) decrescendo após este horário, possivelmente ocasionado pela diminuição da radiação solar sobre a cobertura dos modelos reduzidos, concordando com vários autores (FIORELLI et al. 2009; JÁCOME et al. 2007 e MORAES et al. 1999).

Ao considerarmos a Entalpia, os menores resultados para todas os horários de colheita foram apresentados pelo tipo de cobertura T50 (Tabela 8), com o maior valor sendo verificado às 13:11 horas (Tabela 9), apesar de todos os valores indicarem situação de desconforto térmico para aves, em comparação aos valores descritos por BARBOSA FILHO et al. (2005) para os mesmos horários ao utilizarem áreas de piquetes sombreadas apenas com tela de 50%. Os resultados do Experimento 3 sugerem que a carga de radiação sobre a telha utilizada podem tê-la feito funcionar como uma fonte emissora de calor para o interior do modelo reduzido.

Analisando-se o Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade, todos os tratamentos propostos neste experimento apresentaram valores abaixo do valor limite proposto por NÄÄS et al. (2001b). O tratamento T50 foi aquele que apresentou a melhor média (79,90) para ITGUcorr (Tabela 8), sendo menor do que o valor citado por MORAES et al. (1999) para modelos em escala reduzida de 1:10. O valor aqui determinado indica a necessidade de manejo cuidadoso dos animais criados nesse ambiente (MEDEIROS & VIEIRA, 1997) e este valor está acima do encontrado por NAZARENO et al. (2009).

Para a CTRcorr a menor média verificada foi  $486,32 \text{ W.m}^{-2}$ , para o tipo de cobertura T80 (Tabela 8), indicando que telhados com telha de fibrocimento pintados de branco apresentam boa refletância, o que concorda com IKEMATSU (2007), que estudou a influência da refletância no comportamento térmico de tintas. Segundo KAWABATA (2003) coberturas pintadas de branco proporcionam bons índices de conforto térmico, e, de acordo com BAÊTA & SOUZA (1997) apresentam maior eficiência na redução da carga térmica das coberturas. O maior valor para CTRcorr foi verificado no tipo de cobertura T50 ( $494,43 \text{ W.m}^{-2}$ ), sendo superior ao valor proposto

por CAMERINI et al. (2009) e pode ter sido causado pela maior intensidade de radiação solar que atravessa a tela de sombreamento. A tela, neste caso, poderia funcionar como uma barreira aos raios solares refletidos pela face externa da telha, o que levaria a um aumento da carga térmica sobre a cobertura, visto que, de acordo com TINÔCO (2001), superfícies de cor preta possuem efeitos indesejáveis, tais como maior temperatura da superfície, maior absorvidade e emissividade.

De acordo com a Tabela 8, o melhor resultado para a Entalpia ( $79,00 \text{ KJ.Kg}^{-1}$ ) foi constatado no tipo de cobertura T50, sendo idêntico ao proposto por CONCEIÇÃO et al. (2008), porém superior ao limite para frangos de corte indicado por BARBOSA FILHO (2004), que é de  $70 \text{ KJ.Kg}^{-1}$ . No entanto, o valor obtido no Experimento 3 foi inferior ao descrito por SILVA et al. (2006) para poedeiras em condição de estresse térmico (acima de  $80 \text{ KJ.Kg}^{-1}$ ), porém indica a necessidade de manejo cuidadoso com os animais submetidos a essa condição ambiental (MEDEIROS & VIEIRA, 1997). O maior resultado para Entalpia foi demonstrado pela cobertura T80 ( $81,42 \text{ KJ.Kg}^{-1}$ ) e pode ser explicado considerando-se que a radiação que é refletida pela telha branca no T80 encontra uma barreira física mais fechada (a malha dessa tela apresenta espaçamento menor), aquecendo o ar e transferindo calor para o interior do modelo reduzido. No tratamento ST, a radiação incidente sobre a cobertura é refletida, em sua maior parte, promovendo um aquecimento intermediário do ambiente interno.

## **CONCLUSÃO**

A tela de sombreamento de 50% melhorou a resposta sobre o conforto térmico nos modelos reduzidos, no município de São Luís.

## **EXPERIMENTO 4**

Como não houve diferença entre os tipos de cobertura no Experimento 2 (desenvolvido em Jaboticabal – SP), foi realizado o Experimento 4 que procurou estabelecer se havia influência do sistema testado (tela de sombreamento e pintura do telhados) sobre as temperaturas das coberturas dos modelos reduzidos.

## **OBJETIVO ESPECÍFICO**

Avaliar o efeito do uso da tela de sombreamento de 50% e pintura de cor branca na face externa do telhado sobre as temperaturas superficiais externa e interna da cobertura em modelos reduzidos simulando galpões avícolas, no município de Jaboticabal - SP.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Local**

O experimento 4 foi realizado no campo experimental do Departamento de Engenharia Rural, da UNESP, câmpus de Jaboticabal, no município localizado a 21° 14' 5" de latitude sul, 48° 17' 9" de longitude oeste e 615,01m de altitude (EXATAS, 2010a).

### **Instalação do experimento**

Foram utilizados 10 modelos reduzidos simulando galpões avícolas (dos mesmos usados no Experimento 2).

### **Tratamentos**

Foram testados cinco tipos de cobertura, sendo: 1- sem tela de sombreamento, sem pintura (STSP) - controle; 2- com tela de sombreamento a 0,05m de altura da telha, sem pintura (CT5SP); 3- com tela de sombreamento a 0,05m de altura da telha, com pintura (CT5CP); 4- com tela de sombreamento a 0,08m de altura da telha, sem pintura (CT8SP) e 5- com tela de sombreamento a 0,08m de altura da telha, com pintura (CT8CP).

### **Colheita de dados**

As leituras nas coberturas dos modelos reduzidos foram realizadas durante 40 dias experimentais (no período de 13 de fevereiro a 24 de março de 2010) nos horários de 10:00, 12:00, 14:00 e 16:00 horas, em três diferentes posições em cada modelo, sendo 1- Norte, face externa; 2- Norte, face interna e 3- Sul, face interna,

conforme a Figura 17.

### **Instrumentação e medições das temperaturas na cobertura dos modelos reduzidos**

As medições das temperaturas foram originadas a partir do sistema de aquisição de dados (CR10X Measurement & Control System), da marca Campbell Scientific, Inc., utilizando três sensores termopar tipo T (cobre constantan), com variação de 1°C por modelo reduzido (Figura 18).



**Figura 17.** Vista parcial das posições de leitura dos dados da temperatura de bulbo seco.



**Figura 18.** Vista parcial do sistema de aquisição de dados.

Foram utilizadas as médias dos dados colhidos, por horário de colheita e por tipo de cobertura para estimativa das médias das temperaturas nas três posições.

### **Análise Estatística**

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado em parcelas subdivididas (BANZATTO e KRONKA, 1995), tendo nas parcelas um fatorial 5 x 3 (5 tipos de cobertura x 3 posições) e nas subparcelas os horários de colheita (5 tipos de cobertura x 3 posições x 2 repetições x 4 horários de colheita). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e aplicação do teste de Tukey para a comparação de médias entre os tipos de cobertura, com nível de significância de 5%. As análises de variância foram realizadas utilizando-se o procedimento *General Linear Models* (GLM) do programa *Statistical Analysis System* (SAS 9.1®).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para as temperaturas de bulbo seco verificadas na cobertura dos modelos simulando galpões avícolas em escala reduzida são demonstrados na Tabela 10, onde se verifica que houve diferenças estatísticas significativas ( $p < 0,05$ ) entre todas as fontes de variação pesquisadas.

**Tabela 10.** Estatísticas obtidas na análise de variância para as Temperaturas de Bulbo Seco (TBS) na cobertura de fibrocimento, sem amianto, nos modelos reduzidos simulando galpões avícolas, com tela de sombreamento de 50% e pintura de cor branca na face externa do telhado, em Jaboticabal – SP, 2010.

Estatística	TBS (°C)
F p/ TC	25,41 ( $p < 0,01$ )
F p/ PS	272,01 ( $p < 0,01$ )
F p/ TC*PS	99,37 ( $p < 0,01$ )
F p/ h	2.068,48 ( $p < 0,01$ )
F p/ TC*h	7,02 ( $p < 0,01$ )
F p/ PS*h	87,84 ( $p < 0,01$ )
F p/ TC*PS*h	2,29 ( $p < 0,01$ )
CV P	3,74 %
CV SP	0,69 %

TC= tipo de cobertura; PS= posição de colheita; TC\*PS= interação tipo de cobertura e posição de colheita; h= horário de colheita; TC\*h= interação tipo de cobertura e horário de colheita; PS\*h= interação posição de colheita e horário de colheita; TC\*PS\*h= interação tipo de cobertura, posição de colheita e horário de colheita; CV P= coeficiente de variação da parcela; CV SP= coeficiente de variação da subparcela.

Os resultados para Temperatura de Bulbo Seco são apresentados na Tabela 11, nota-se que dentro de cada tipo de cobertura houve diferença ( $p < 0,05$ ) para cada horário de colheita testado, provavelmente devido à variação cíclica diária da temperatura em função da alteração natural da taxa de radiação sobre o telhado (SOUZA JÚNIOR et al. 2008). Considerando-se o dia completo de colheita (das 10:00 às 16:00 horas), verifica-se que o tipo de cobertura que apresentou os melhores resultados na redução da temperatura média do telhado foi o CT8CP (33,89°C), o que corresponde a uma redução de 10% na temperatura média da cobertura. SARMENTO

et al. (2005) verificaram que a temperatura da superfície interna da telha diminuiu com a pintura, devido à maior refletividade causada pela pintura externa e, neste caso, provavelmente também devido à melhor eficiência da ventilação natural em sua passagem por um espaço maior entre a telha e a tela, o que melhora a perda de calor do telhado, por convecção, visto que, segundo VITTORINO et al. (2003), este processo depende da ventilação.

**Tabela 11.** Médias e tipo de efeito das Temperaturas de Bulbo Seco (TBS) por tipo de cobertura (TC), por horário de colheita (h), nos modelos reduzidos simulando galpões avícolas, com tela de sombreamento de 50% e pintura de cor branca na face externa do telhado, em Jaboticabal – SP, 2010.

TC	H				TBS (°C) Geral	Efeito	
	10:00	12:00	14:00	16:00		Lin	Qua
STSP	35,43 A	38,41 A	40,22 A	36,54 A	37,65	p=0,4431	p=0,0347
CT5SP	33,31 A	36,56 A	38,45 A	35,54 A	35,97	p=0,1039	p=0,0127
CT5CP	32,67 A	35,78 A	37,72 A	35,10 A	35,32	p=0,2452	p=0,1114
CT8SP	32,72 A	35,84 A	37,55 A	34,77 A	35,22	p=0,0946	p=0,0079
CT8CP	31,54 A	34,34 A	36,02 A	33,65 A	33,89	p=0,1686	p=0,0523
TBS (°C) Geral	33,13	36,18	37,99	35,12			

Lin= efeito linear; Qua= efeito quadrático.

As médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p=0,05$ ).

A Tabela 12 demonstra que para todos os tipos de cobertura testados a temperatura da posição Norte, face externa (Next) foi a que apresentou as maiores médias de temperaturas (42,17°C; 39,37°C; 40,48°C; 38,28°C; 37,75°C para os tipos STSP; CT5SP; CT5CP; CT8SP; CT8CP, respectivamente), diferindo significativamente ( $p<0,05$ ) das demais posições (Norte, face interna – Nint e Sul, face interna - Sint). A maior temperatura foi obtida na posição Next independentemente dos tratamentos, o que era de se esperar, pois é a posição onde a insolação ocorre com maior intensidade ao longo do dia (TINOCO, 2001). A temperatura na posição Next foi maior nas coberturas sem tela e sem pintura, não se registrando efeito da altura da tela e pintura do telhado. Para a posição Next, os tipos de cobertura CT8SP e CT8CP diferiram do tipo controle (STSP), diminuindo em 9,2 e 10,5% a temperatura superficial externa, na face norte do modelo reduzido, respectivamente, sugerindo que a pintura com cor clara

reduz a temperatura superficial do telhado, devido ao aumento da refletividade de sua superfície (SARMENTO et al. 2005).

Com exceção dos valores apresentados pelo tratamento CT8CP, nas posições Nint e Sint (31,96 e 31,95°C, respectivamente) e CT5CP, na posição Sint (31,96°C), os demais valores médios apresentados na posição Nint e Sint foram maiores que os relatados por OLIVEIRA et al. (1995) para telhas de fibrocimento, em estudo avaliando diferentes tipos de telhas quanto às temperaturas superficiais acima e abaixo do telhado.

**Tabela 12.** Médias das Temperaturas de Bulbo Seco (TBS) por tipo de cobertura (TC), por posição de colheita (PS), nos modelos reduzidos simulando galpões avícolas, com tela de sombreamento de 50% e pintura de cor branca na face externa do telhado, em Jaboticabal – SP, 2010.

TC	PS			TBS (°C) Geral
	Next	Nint	Sint	
STSP	42,17 Aa	35,92 Ba	34,86 Ba	37,65
CT5SP	39,37 Aab	34,32 Bab	34,21 Bab	35,97
CT5CP	40,48 Aab	33,51 Bab	31,96 Bb	35,32
CT8SP	38,28 Ab	33,33 Bb	34,05 Bab	35,22
CT8CP	37,75 Ab	31,96 Bb	31,95 Bb	33,89
TBS (°C) Geral	39,61	33,81	33,41	

Next= Norte, face externa; Nint= Norte, face interna; Sint= Sul, face interna.

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ( $p=0,05$ ).

Mesmo sem apresentar diferença significativa ( $p>0,05$ ), o tratamento CT5CP apresentou maior temperatura do que o CT5SP, possivelmente em função de promover maior reflexão dos raios solares incidentes sobre o telhado e estes, ao serem refletidos, estarem sendo barrados pela tela a 0,05m de altura. Como o espaço para circulação natural do vento e volume de ar entre a tela e a telha é reduzido, o ar contido sobre o telhado pode aquecer-se e transferir calor por convecção para a cobertura (MARIN et al. 2008).

Embora o CT5CP e CT8SP tenham comportamento semelhante na posição Nint, o CT8CP foi o tipo de cobertura que apresentou o menor valor para TBS. Não houve

diferença significativa ( $p>0,05$ ) entre os três tratamentos. A maior altura entre a tela e a telha pode ter favorecido a remoção de calor por convecção (Tabela 12).

Na posição Sint, a Tabela 12 demonstra que as menores temperaturas foram observadas nos tratamentos com pintura, nas duas alturas testadas, porém não diferindo entre si ( $p>0,05$ ). Isto demonstra que a pintura reduziu a temperatura nesta posição, o que concorda com TINÔCO (2001).

Houve efeito significativo ( $p<0,05$ ) dos horários de colheita, dentro de todas as posições testadas, sendo verificados efeitos quadráticos para cada posição dentro das horas testadas (Tabela 13).

**Tabela 13.** Médias e tipo de efeito das Temperaturas de Bulbo Seco (TBS) por posição de colheita (PS), por horário de colheita (h), nos modelos reduzidos simulando galpões avícolas, com tela de sombreamento de 50% e pintura de cor branca na face externa do telhado, em Jaboticabal – SP, 2010.

PS	h				TBS (°C) Geral	Efeito	
	10:00	12:00	14:00	16:00		Lin	Qua
Next	36,83 A	40,52 A	42,94 A	38,14 A	39,61	$p=0,0185$	$p<0,0001$
Nint	31,43 B	34,29 B	35,83 B	33,68 B	33,81	$p=0,0004$	$p<0,0001$
Sint	31,14 B	33,74 B	35,21 B	33,53 B	33,41	$p<0,0001$	$p<0,0001$
TBS (°C) Geral	33,13	36,18	37,99	35,12			

Lin= efeito linear; Qua= efeito quadrático

As médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p=0,05$ ).

A Tabela 14 apresenta as equações de regressão para as três posições verificadas e permite estimar o valor máximo alcançado em cada uma dessas posições.

**Tabela 14.** Equação ajustada; coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e horário máximo (h máx) obtidos para as posições Next, Nint e Sint, nos modelos reduzidos simulando galpões avícolas, com tela de sombreamento de 50% e pintura de cor branca na face externa do telhado, em Jaboticabal – SP, 2010.

Posição	Equação	$R^2$	h máx
Next	$y = -0,5306x^2 + 14,115x - 51,551$	0,92	13:18
Nint	$y = -0,3133x^2 + 8,5583x - 22,942$	0,97	13:40
Sint	$y = -0,2672x^2 + 7,3792x - 16,036$	0,98	13:48

Na Tabela 14 verifica-se que a maior temperatura na posição Next foi determinada às 13:18 horas (Tabela 14), o que discorda de PEINADO et al. (2009), que verificaram os maiores valores às 12:00 horas.

## **CONCLUSÃO**

Em Jaboticabal – SP, a tela de sombreamento de 50% e pintura de cor branca na face externa do telhado em modelos reduzidos simulando galpões avícolas diminuíram as temperaturas superficiais externa e interna, com o melhor resultado sendo demonstrado pelo tipo de cobertura com tela de sombreamento de 50% posicionada a 0,08m de altura da telha de fibrocimento, nova, sem amianto, com pintura na cor branca.

**REFERÊNCIAS**

ABREU, P. G.; ABREU, V. M. N.; COLDEBELLA, A. Fim das colheitas de dados de temperatura de globo negro. **Avicultura Industrial**, Itu, v. 6, n. 1179, p. 14-20, 2009.

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

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 3. ed. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 247 p.

BARBOSA FILHO, J. A. D. **Avaliação do bem-estar de aves poedeiras em diferentes sistemas de produção e condições ambientais utilizando análise de imagens**. 2004. 123 p. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004. Dissertação (Mestrado).

BARBOSA FILHO, J. A. D.; SILVA, M. A. N.; SILVA, I. J. O.; COELHO, A. A. D.; SAVINO, V. J. M. Behavior and performance of broiler strains reared under semi-intensive system with shaded areas. **Brazilian Journal of Poultry Science**, Campinas, v. 7, n. 4, p. 209-213, 2005.

BARBOSA FILHO, J. A. D.; SILVA, I. J. O.; SILVA, M. A. N.; SILVA, C. J. M. Avaliação dos comportamentos de aves poedeiras utilizando sequência de imagens. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 93-99, 2007.

BARBOSA FILHO, J. A. D.; VIEIRA, F. M. C.; GARCIA, D. B.; SILVA, M. A. N.; SILVA, I. J. O. **Mudanças e uso das tabelas de entalpia**. Piracicaba, 2007. Disponível em: <<http://www.nupea.esalq.usp.br>>. Acesso em: 19 mar. 2010.

BERDAHL, P.; BRETZ, S. E. Preliminary survey of the solar reflectance of cool roofing materials. **Energy and Buildings**, Washington, v. 25, n. 2, p. 149-158, 1997. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 03 jun. 2008.

BRASILT. **Fibrotex**: catálogo técnico. 2010. 6 p. Disponível em: <<http://www.brasilit.com.br>>. Acesso em: 25 mai. 2010.

CAMERINI, N. L.; NASCIMENTO, J. W. B.; FOOK, M. V. L.; SOARES E. A.; SILVA, F. A. S. Análise de variáveis ambientais em modelos reduzidos de instalações agropecuárias com forro de resíduo de EVA. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 4.2, p 40-47, 2009. Disponível em: <<http://www.dema.ufcg.edu.br>>. Acesso em: 22 mai. 2010.

CAMPOS, A. T.; KLOSOWSKI, E. S.; GASPARINO, E.; SANTOS, W. B. R. Análise térmica de abrigos individuais móveis e sombrite para bezerros. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 153-161, 2005.

CELLA, P. S.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R. M.; ALBINO, L. F. T.; FERREIRA, A. S. Níveis de lisina mantendo a relação aminoacídica para frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade, em diferentes ambientes térmicos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 440- 448, 2001.

CONCEIÇÃO, M. N. **Avaliação da influência do sombreamento artificial no desenvolvimento de novilhas leiteiras em pastagens**. 2008. 137 p. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2008. Tese (Doutorado).

CONCEIÇÃO, M. N.; ALVES, S. P.; TELATIN JÚNIOR, A.; SILVA, I. J. O.; PIEDADE, S. M. S.; SAVASTANO JÚNIOR, H.; TONOLI, G. Desempenho de telhas de escória de alto forno e fibras vegetais em protótipos de galpões. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 5, p. 536-539, 2008.

CORDEIRO, M. B.; TINÔCO, I. F. F.; SILVA, J. N.; VIGODERIS, R. B.; PINTO, F. A. C., CECON, P. R. Conforto térmico e desempenho de pintos de corte submetidos a diferentes sistemas de aquecimento no período de inverno. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 1, p. 217-224, 2010.

COSTA, E.C. **Arquitetura ecológica: condicionamento térmico natural**. 5 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1982. 264 p.

DEMerval, A. F.; AZEVEDO, P. V.; TINÔCO, I. F. F. Análise do conforto térmico em galpões avícolas com diferentes sistemas de acondicionamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 3, p. 559-564, 2003.

ESMAY, M.L. **Principles of animal environment**. 2. ed. Westport: Avi Publishing Company, 1982. 325 p.

EXATAS. **Coordenadas geográficas**. Disponível em: <<http://www.exatas.fcav.unesp.br>>. Acesso em: 26 mar. 2010a.

EXATAS. **Normais climatológicas (1971 – 2000) emc**. Disponível em: <<http://www.exatas.fcav.unesp.br>>. Acesso em: 13 ago. 2010b.

EXATAS. **Dados meteorológicos diários – ema**. Disponível em: <<http://www.exatas.fcav.unesp.br>>. Acesso em: 17 ago. 2010c.

FERREIRA, G. A. L. **A proposta da política PRONAF para a agricultura familiar e seus resultados em Palotina – PR**. 2004. 112 p. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004. Dissertação (Mestrado).

FERREIRA, R. A. **Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2005. 371 p.

FIORELLI, J.; MORCELI, J. A. B.; VAZ, R. I.; DIAS, A. A. Avaliação da eficiência térmica da telha reciclada à base de embalagens longa vida. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 2, p. 204-209, 2009.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico**: arquitetura, urbanismo. São Paulo: Nobel, 2003. p. 31-38.

FURLAN, R. L.; MACARI, M. Termorregulação. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. (Ed.) **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002. p. 209-230.

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

HOLIK, V.; TIERZUCHT, L. Managing heat stress – part 1: layers respond to hot climatic conditions. **World Poultry**, Doetinchem, v. 25, n. 7, p. 12-15, 2009.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Histórico – São Luís (MA)**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 24 mar. 2010

IKEMATSU, P. **Estudo da refletância e sua influência no comportamento térmico de tintas reflexivas e convencionais de cores correspondentes**. 2007. 117 p. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Dissertação (Mestrado).

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 26 mar. 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. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 5, p. 527–531, 2007.

JENTZSCH, R. D. S. **Estudo de modelos reduzidos destinados à predição de parâmetros térmicos ambientais em instalações agrícolas**. 2002. 103 p. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002. Tese (Doutorado).

JUSBRASIL. **STF mantém lei paulista que proíbe uso do amianto no estado**. 2008. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br>>. Acesso em: 30 mar. 2010.

KAWABATA, C. Y. **Desempenho térmico de diferentes tipos de telhado em bezerreiros individuais**. 2003. 94 p. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2003. Dissertação (Mestrado).

LIN, H.; JIAO, H. C.; BUYSE, J.; DECUYPERE, E. Strategies for preventing heat stress in poultry. **World's Poultry Science Journal**, Beekbergen, v. 62, n. 1, p. 71–85, 2006.

LUCCI, C. S. **Bovinos leiteiros jovens**. São Paulo: Nobel/EDUSP, 1989. p. 318–355.

MARIN, F. R.; ASSAD, E. D.; PILAU, F. G. **Clima e ambiente**: introdução à climatologia para ciências ambientais. Campinas: EMBRAPA, 2008. p. 47-63.

MATTOS, J. M. **Avaliação das instalações em aviários de postura conforme aspectos de conforto térmico na região de Bastos**. 2007. 57 p. Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007. Dissertação (Mestrado).

MEDEIROS, C. M. **Ajuste de modelos e determinação de índice térmico ambiental de produtividade para frangos de corte**. 2001. 125 p. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001. Tese (Doutorado).

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, 2005.

MEDEIROS, L. F. D.; VIEIRA, D. H. **Bioclimatologia animal**. Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1997. 126 p.

MICHELS, C. **Análise da transferência de calor em coberturas com barreiras radiantes**. 2007. 119 p. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007. Dissertação (Mestrado).

MORAES, S. R. P. **Conforto térmico em modelos reduzidos simulando galpões avícolas, para diferentes coberturas, durante o verão**. 1999. 73 p. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999. Tese (Doutorado).

MORAES, S. R. P.; TINÔCO, I. F. F.; BAÊTA, F. C.; CECON, P. R. Construções rurais e ambiência: conforto térmico em galpões avícolas sob coberturas de cimento amianto e suas diferentes associações. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n. 1, p. 89-92, 1999.

MOURA, D. J. Ambiência na avicultura de corte. In: SILVA, I. J. O. (Ed.). **Ambiência na produção de aves em clima tropical**. Piracicaba: FUNEP, 2001. p. 75-149. (Série Engenharia Agrícola e Construções Rurais, 2).

NÄÄS, I. A. **Modelos de aviários de frangos de corte em termos estruturais e de isolamento**. Disponível em: <<http://www.avisite.com.br>>. Acesso em: 23 mar. 2007.

NÄÄS, I. A.; LAGANÁ, C.; MOURA, D. J. Utilização da entalpia com variável física de avaliação do conforto térmico na avicultura de corte. In: CONFERÊNCIA APINCO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLA, 1995, Curitiba: FACTA. **Anais...** p. 201-202.

NÄÄS, I. A.; MARAGLIOTTA, M. Y.; ARADAS, M. E. C.; SILVA, I. J. O.; BARACHO, M. S. Controle e sistematização em ambientes de produção. In: SILVA, I. J. O. (Ed.). **Ambiência na produção de aves em clima tropical**. Piracicaba, 2001a. p. 165-200. (Série Engenharia Agrícola e Construções Rurais, 1).

NÄÄS, I. A.; SEVEGNANI, K. B.; MARCHETO, F. G.; ESPELHO, J. C. C.; MENEGASSI, V.; SILVA, I. J. O. Avaliação térmica de telhas de composição de celulose e betumem, pintadas de branco, em modelos de aviários com escala reduzida. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 21, n. 2, p. 121–126, 2001b.

NAZARENO, A. C.; PANDORFI, H.; ALMEIDA, G. L. P.; GIONGO, P. R.; PEDROSA, E. M. R.; GUISELINI, C. Avaliação do conforto térmico e desempenho de frangos de corte sob regime de criação diferenciado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 6, p. 802–808, 2009.

OLIVEIRA, J. L.; ESMAY, M. L. Systems model analysis of hot weather housing for livestock. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 25, n. 5, p. 1355-1359, 1982.

OLIVEIRA, P. A. V.; GUIDONI, A. L.; BARIONI JÚNIOR, W.; DALMORA, V. J.; CASTANHA, N. Efeito do tipo de telha sobre o acondicionamento ambiental e o desempenho de frangos de corte. In: CONFERÊNCIA APINCO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLA, 1995, Curitiba: FACTA. **Anais...** p. 297-298.

OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; ABREU, M. L. T.; 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**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 797-803, 2006.

PANTELAS. **Tela da sombreamento “sombrite”**. Disponível em: <[www.pantelas.com.br](http://www.pantelas.com.br)>. Acesso em: 15 jul. 2008.

PEINADO, H. S.; PERES, D. L.; MENEGUETTI, M. P. M. Z. Resultados de um monitoramento térmico em telhados de fibrocimento. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 1, n. 1, p. 29-35, 2009.

PORTELA, B. T. T.; SILVA, L. M. **Um estudo da precipitação, temperatura e umidade relativa do ar na costa norte – nordeste do Brasil**. Disponível em: <[www.cbmet.com](http://www.cbmet.com)>. Acesso em: 13 ago. 2010.

ROCHA, R. C. **Uso de diferentes telas de sombreamento no cultivo protegido do tomateiro**. 2007. 90 p. Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007. Tese (Doutorado).

RODRIGUES, V. C.; SILVA, I. J. O.; VIEIRA, F. M. C.; NASCIMENTO, S. T. A correct enthalpy relationship as thermal comfort index for livestock. **International Journal of Biometeorology**, Heidelberg, 2010. in press.

SANTOS, M. A. A. **Efeitos da ventilação natural em instalações de suínos em crescimento e terminação**. 2001. 90 p. Universidade de Campinas, Campinas, 2001. Tese (Doutorado).

SANTOS, P. A.; YANAGI JÚNIOR, 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**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 575-584, 2005.

SANTOS, R. C.; TINÔCO, I. F. F.; SILVA, J. N.; CORDEIRO, M. B.; PAULA, M. O.; GATES, R. S. Influência das coberturas de barro, cimento amianto e alumínio, com duas alturas de pé-direito, no conforto térmico de galpões para produção de aves e suínos, em condições de inverno. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 12, n. 2, p. 145-153, 2004.

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**, Areia, v. 26, n. 2, p. 117-122, 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**, Piracicaba, v. 51, n. 1, p. 01-07, 1994.

SGAVIOLI, S.; JUNQUEIRA, O. M.; FURLAN, R. L. Nutrição em frangos de corte e estresse calórico. **Anuário 2010 da Avicultura Industrial**, Itu, v. 11, n. 1184, p. 86-89, 2009.

SILVA, I. J. O. Manejo do ambiente para minimizar o calor sobre aves de postura. In: FCAV/Unesp Jaboticabal (Org.). **II Curso de atualização em avicultura para postura comercial**. Jaboticabal, 2005. p. 141 – 175.

SILVA, I. J. O.; BARBOSA FILHO, J. A. D.; SILVA, M. A. N.; PIEDADE, S. M. S. Influência do sistema de criação nos parâmetros comportamentais de duas linhagens de poedeiras submetidas a duas condições ambientais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 1439-1446, 2006.

SILVA, I. J. O.; SEVEGNANI, K. B. Ambiência na produção de aves de postura. In: SILVA, I. J. O. (Ed.). **Ambiência na produção de aves em clima tropical**. Piracicaba: FUNEP, 2001. p. 150–214. (Série Engenharia Agrícola e Construções Rurais, 2).

SILVA, M. A. N.; BARBOSA FILHO, J. A. D.; ROSÁRIO, M. F.; SILVA, C. J. M.; SILVA, I. J. O., SAVINO, V. J. M.; COELHO, A. A. D. Fatores de estresse associados à criação de linhagens de avós de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 3, p. 652-659, 2007a.

SILVA, R. G. **Introdução à bioclimatologia**. São Paulo: Nobel, 2000. 286 p.

SILVA, R. G. Trocas térmicas em aves. In: SILVA, I. J. O. (Ed.). **Ambiência na produção de aves em clima tropical**. Piracicaba, 2001. p. 88-124. (Série Engenharia Agrícola e Construções Rurais, 1).

SILVA, R. G.; MORAIS, D. A. E. F.; GUILHERMINO, M. M. Evaluation of thermal stress indexes for dairy cows in tropical regions. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 4, p. 1192-1198, 2007b.

SOUZA C. F.; TINÔCO I. F. F.; BAÊTA F. C.; FERREIRA W. P. M.; SILVA R. S. Avaliação de materiais alternativos para confecção do termômetro de globo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 1, p. 157-164, 2002.

SOUZA JÚNIOR, J. B. F.; SILVA, R. B.; MORAIS, J. H. G.; MAIA, A. S. C. **Avaliação do microclima no interior de um aprisco localizado em uma região semi-árida**.

UFPB/ABZ, 2008. Disponível em: <<http://www2.ufersa.edu.br>>. Acesso em: 11 nov. 2010.

TEIXEIRA, C. F. B. **Comportamento térmico de coberturas com fibrocimento em Campinas – SP**: aplicação de técnicas passivas. 2006. 132 p. Universidade de Campinas, Campinas, 2006. Dissertação (Mestrado).

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. 62 p. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1983. Dissertação (Mestrado).

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

TINÔCO, I. F. F. Avicultura industrial: novos conceitos de materiais, concepções e técnicas construtivas disponíveis para galpões avícolas brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v. 3, n. 1, p. 1-26, 2001. Disponível em: <http://dx.doi.org>>. DOI: 10.1590/S1516-635X2001000100001.

TINÔCO, I. F. F.; GATES, R. S. Ambiência e construções para matrizes pesadas. In: MACARI, M.; MENDES, A. A. (Ed.). **Manejo de matrizes de corte**. Campinas: FACTA, 2005. p. 11-34.

UBA. União Brasileira de Avicultura. **Relatório Anual 2008**. Disponível em: <<http://www.uba.org.br>>. Acesso em: 05 abr. 2010.

VASCONCELLOS, S. L. B. **Análise da quantidade e distribuição pluviométricas na região de Jaboticabal–SP**. 1998. 63 p. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998. Dissertação (Mestrado).

VITTORINO, F.; SATO, N. M. N.; AKUTSU, M. **Desempenho térmico de isolantes refletivos e barreiras radiantes aplicados em coberturas**. Disponível em: <[http://www.labeee.ufsc.br/arquivos/publicacoes/ENCAC03\\_1277\\_1284.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/arquivos/publicacoes/ENCAC03_1277_1284.pdf)>. Acesso em: 24 jun. 2010.

WELKER, J. S.; ROSA, A. P.; MOURA, D. J.; MACHADO, L. P.; CATELAN, F.; UTTPATEL, R. Temperatura corporal de frangos de corte em diferentes sistemas de climatização. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 8, p. 1463-1467, 2008.