

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Transporte animal: influência das condições bioclimáticas no
desempenho produtivo e fisiológico de pintos de um dia**

Frederico Márcio Corrêa Vieira

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em
Ciências. Área de concentração: Física do Ambiente
Agrícola

**Piracicaba
2011**

Frederico Márcio Corrêa Vieira
Zootecnista

**Transporte animal: influência das condições bioclimáticas no desempenho
produtivo e fisiológico de pintos de um dia**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 5890 de 2010

Orientador:
Prof. Dr. **IRAN JOSÉ OLIVEIRA DA SILVA**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em
Ciências. Área de concentração: Física do Ambiente
Agrícola

**Piracicaba
2011**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP**

Vieira, Frederico Márcio Corrêa

Transporte animal: influência das condições bioclimáticas no desempenho produtivo e fisiológico de pintos de um dia / Frederico Márcio Corrêa Vieira. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 5890 de 2010. - - Piracicaba, 2011.
88 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2011.

1. Avicultura 2. Bioclimatologia animal 3. Distúrbios fisiológicos animais 4. Transporte de animais I. Título

CDD 636.083
V658t

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”

DEDICATÓRIA

Aos meus queridos irmãos

Alfredo Márcio Corrêa Vieira

Por me mostrar ao longo destes anos

A verdadeira arte que está em tudo;

Afrânio Márcio Corrêa Vieira

Por fazer da sua vida

Uma inspiração para minha jornada;

Maria Goretti de Almeida Vieira

Pelo amor e exemplos de simplicidade

Constantes nos meus dias.

Carlos Eduardo Silva Costa

Pela alegria e fé que me inspiraram a seguir em frente

Aos meus amados pais

José Afrânio Reis Vieira &

Darcí Corrêa Vieira (*in memoriam*)

Pelo amor incondicional

Por todos os valores impressos em minh'alma

Obrigado por persistirem ao meu lado

Compreendendo minhas ausências

Este é mais um sonho que realizamos juntos

A minha vida, dedico a vocês...

AGRADECIMENTOS

A Deus e à Espiritualidade Maior, pela oportunidade de viver nesta Terra bendita, pelo amor eterno e presença silenciosa e diária durante todos os meus passos.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” e ao Programa de Pós-Graduação em Física do Ambiente Agrícola, pela oportunidade de estudos durante todo este tempo e total apoio concedido ao meu doutorado.

Ao Professor, Orientador e Amigo Dr. Iran José Oliveira da Silva, por ser o ‘divisor de águas’ na minha vida profissional, pela parceria constante durante estes 6 anos no NUPEA e por acreditar em mim, mesmo quando eu não divisava na ‘linha do horizonte’ o futuro das minhas ações. Jamais esquecerei seus ensinamentos e nossas boas conversas!

Às secretárias do Departamento de Engenharia de Biosistemas, em especial à Angela, Beatriz, Sandra, Davilmar e Fernanda, pela ajuda, colaboração e apoio na realização do meu doutorado.

Aos meus mestres que sempre me inspiraram nesta jornada: Dr. Nilson Augusto Villa Nova, Dr. Jarbas Honório de Miranda, Dr. Paulo César Sentelhas, Dr. Sérgio O. Moraes, Dr. Héilton Pandorfi e Dr. José Antonio Delfino Barbosa Filho, cujos conselhos, conversas e ensinamentos sempre me guiaram por este caminho e me encorajaram a seguir adiante na vida acadêmica.

À Professora e Amiga Dra. Késia Oliveira da Silva Miranda, pela convivência, parceria na minha jornada acadêmica e boas conversas que foram fundamentais para a conclusão desta etapa da minha vida.

Aos Professores Dr. Antônio Augusto Domingos Coelho e Dr. Vicente José Maria Savino do Departamento de Genética, e aos funcionários Jair e Luciano França, pela ajuda incondicional durante os experimentos no setor de melhoramento de aves e pelos bons conselhos que nortearam este trabalho.

Aos Professores Dr. Afrânio Márcio Corrêa Vieira, Dra. Priscila Neves e Dr. Lúcio Araújo, pela ajuda nas análises estatísticas deste trabalho e pela parceria que desejo manter sempre com vocês!

À empresa Matadouro Avícola Flamboiã Ltda. pela abertura para a coleta dos dados preliminares da pesquisa, em especial ao Sr. Marcelo Ortega e aos funcionários do incubatório Godave: Fernanda, Néia, Carlinhos, Guera e Edvaldo, cuja ajuda foi muito importante para definir os rumos desta pesquisa.

À minha equipe de trabalho e grandes amigos Aérica Nazareno, Ariane Castro, Elenilson Bortolini, Paulo Abili, Juliano Camargo, Thaís Godoy, Dênia Borges e Carolina Grando, pela ajuda incondicional, apoio e incentivo constante, além das boas conversas e risadas durante os experimentos. Sem vocês, esta pesquisa não seria possível.

Aos amigos e colegas Nupeanos e ex-Nupeanos: Maria Luisa, Guilherme, Ana Carolina, Gustavo, Natália, Giselle, Rofson Falcão, Aldie, Claiton Zotti, Júlia, Rodolfo, Mariana, Caio, Sheila, Maristela, Sula, Valéria, Danilo Garcia e Bete, pela convivência neste período, cujo sentimento de grupo construiu dentro de mim um NUPEA mais do que um grupo e sim uma filosofia de trabalho.

À secretárias do NUPEA Ilze Helena, Carolzinha e Fabiana, pela ajuda, apoio e amizade neste período.

Aos estagiários do NUPEA e programa de treinamento de férias, em especial aos alunos Ligia, Ana Paula, Thiago, Bianca, Leila, Leonardo e Aliny, pelo auxílio nos experimentos deste trabalho e pelo entusiasmo no trabalho.

Aos amigos do meu coração que são muitos, mas que são bastante representados por estes: Sérgio e Dalva Correr, Sueli, Marcel, André Luiz Freitas e família, André Luiz Vieira e família, Fabiano e Tatiane Fiorin, família Sementes de Luz, Movimento Espírita de Piracicaba, Alex Bonafini e família, Alan Diniz e família, Bruno Marco de Lima, Danilo Beethoven, Alexandre E. Santo, João Paulo Marinho, Gê e Pedro Eisenlohr, Garça, Ester e David, Robinho, Gabriel e Patrícia, Vanessa, Rafaela Fellipe, Horst Bremer, Gabriela, Meire, Murilo Mancuso, JK, Natália e Luiz Polesi, Sílvio Zocchi, Michele, dentre outros tantos amigos que compartilharam desta caminhada comigo. Saibam que vocês foram meus sustentáculos e minha alegria diária!

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Agradecimento especial aos grandes e eternos amigos Ademar Moretti e Fernanda de Castro, pelo encorajamento nos momentos difíceis, pela alegria que dividimos juntos e pela amizade que cultivaremos para sempre em nossos corações!

“Os anos de busca ansiosa no escuro, com um intenso almejar, as alternâncias entre a confiança e a exaustão e o emergir, afinal, à luz – apenas os que já passaram por isso são capazes de entendê-lo”.

Albert Einstein

SUMÁRIO

RESUMO.....	11
ABSTRACT.....	13
LISTA DE FIGURAS.....	15
LISTA DE TABELAS.....	19
1 INTRODUÇÃO.....	21
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	23
2.1 Exigências térmicas de pintos de corte.....	23
2.2 Termotolerância de pintos recém-nascidos.....	24
2.2.1 Expressão gênica da HSP70.....	25
2.3 A influência da idade das matrizes de corte.....	26
2.4 A ambiência nas etapas pré-porteira.....	27
2.4.1 Sala de ovos.....	27
2.4.2 Incubação.....	28
2.4.3 Período de espera antes do alojamento.....	29
2.4.4 Transporte.....	30
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	33
3.1 Descrição geral da pesquisa.....	33
3.2 Etapa 1: Respostas termorregulatórias de pintos de um dia submetidos à condição térmica simulada de transporte.....	34
3.2.1 Variáveis bioclimáticas.....	36
3.2.2 Variáveis fisiológicas e produtivas.....	36
3.2.3 Análise estatística.....	38
3.3 Etapa 2: Avaliação produtiva e fisiológica de pintos de corte submetidos à condição simulada de transporte.....	38
3.3.1 Animais e tratamentos.....	39
3.3.2 Variáveis bioclimáticas, fisiológicas e zootécnicas.....	40
3.3.3 Análise estatística.....	43
3.4 Etapa 3: Avaliação do desempenho zootécnico na primeira semana de desenvolvimento de pintos de corte submetidos às diferentes condições térmicas.....	43

3.4.1 Caracterização do local do experimento.....	43
3.4.2 Animais e tratamentos.....	45
3.4.3 Avaliação bioclimática e zootécnica.....	46
3.4.4 Análise estatística.....	47
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
4.1 Etapa 1: Respostas termorregulatórias de pintos de um dia submetidos à condição térmica simulada de transporte.....	48
4.2 Etapa 2: Avaliação produtiva e fisiológica de pintos de corte submetidos à condição simulada de transporte.....	56
4.2.1 Variáveis bioclimáticas e zootécnicas.....	57
4.2.2 Expressão gênica da HSP70.....	67
4.3 Etapa 3: Avaliação produtiva e fisiológica de pintos de corte submetidos à condição simulada de transporte.....	71
4.3.1 Caracterização bioclimática do ambiente de criação.....	71
4.3.2 Avaliação zootécnica.....	72
4.3.2.1 Mortalidade.....	72
4.3.2.2 Peso corporal.....	74
5 CONCLUSÕES.....	78
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	80
REFERÊNCIAS.....	82

RESUMO

Transporte animal: influência das condições bioclimáticas no desempenho produtivo e fisiológico de pintos de um dia

O objetivo principal deste trabalho foi avaliar os efeitos das condições simuladas de transporte de pintos de um dia nas respostas produtivas e fisiológicas. O presente trabalho foi dividido em três etapas. Na primeira etapa foram avaliadas as diferentes condições térmicas comparadas com as diferentes posições das caixas empilhadas, sendo o tempo de exposição fixo na pesquisa. Foram utilizados 360 pintos de um dia em cada um dos dois experimentos replicados. Estes animais foram submetidos a 3 condições térmicas durante uma hora em câmara climática. Os animais foram mantidos em caixas de transporte de pintos de um dia, totalizando 40 animais por caixa e 3 caixas empilhadas ao todo. Para a avaliação fisiológica e produtiva, foi aferido o peso corporal dos pintos, frequência respiratória, temperatura superficial média e cloacal e foi contabilizada a mortalidade durante o experimento. A estrutura de tratamentos desta etapa foi um fatorial 3×3 (três faixas térmicas e 3 posições de caixas) e a de parcelas foi um delineamento em blocos casualizados, sendo cada experimento replicado um bloco. Foi realizada uma análise de variância seguido do teste de Tukey. Na segunda etapa, as condições térmicas foram comparadas com os intervalos de tempo de exposição, também em condição simulada de transporte em câmara climática, avaliando respostas fisiológicas (frequência respiratória, temperatura cloacal e superficial e expressão gênica da HSP70) e respostas produtivas (perda de peso e mortalidade durante o transporte e no dia seguinte). Para isto, foram utilizados 900 pintos com um dia de idade. Foram avaliadas três faixas térmicas e três intervalos de tempo de exposição. A estrutura de parcelas adotada neste trabalho foi o delineamento inteiramente casualizado, e a estrutura de tratamento foi um fatorial 3×3 (três faixas térmicas e três intervalos de tempo). Para a análise estatística confirmatória foi realizada uma ANOVA seguida do teste de Tukey. A terceira etapa referiu-se à avaliação do desempenho zootécnico na primeira semana em campo dos pintos submetidos às diferentes condições térmicas avaliadas anteriormente na etapa 2. Os animais foram alojados em uma granja experimental durante 7 dias em 9 boxes experimentais, sendo que a distribuição obedeceu à sequência de caixas e tratamentos térmicos pesquisados. Para a avaliação do desempenho dos animais, foi aferido diariamente, em 10 animais por *box*, o peso corporal dos animais e contabilizada a mortalidade. A estrutura de parcelas adotada neste trabalho foi o delineamento inteiramente casualizado, utilizando um modelo linear geral com interações de segunda ordem. Como resultados, não foram verificadas variações significativas quanto ao posicionamento das caixas de transporte. Com relação ao tempo de exposição aos diferentes ambientes térmicos, foi verificada uma acentuada variação nos parâmetros avaliados após 3 horas. Quanto à influência das condições simuladas de transporte no desempenho produtivo dos pintos de corte na primeira semana, não houve evidências claras sobre a influência no peso corporal dos animais.

Palavras-chave: Estresse térmico; Bioclimatologia animal; Avicultura; Transporte de pintos

ABSTRACT

Animal transport: influence of bioclimatic conditions on productive and physiological performance of day-old chickens

The main objective of this study was to evaluate the effects of simulated conditions of transport of day-old chicks in the productive and physiological responses. This work was divided into three parts. In the first part, the different thermal conditions compared to the different positions of stacked boxes were studied, and the exposure time was fixed on research. 360 day-old chicks were used in two replicated experiments each. These animals were subjected to three thermal conditions during one hour in a climatic chamber. The animals were kept in transport crates of day-old chicks, totaling 40 animals per box and three boxes stacked all over. For the physiological and productive assessment, it was measured body weight of chicks, respiratory rate, mean surface and cloacal temperature and the mortality was recorded during the experiment. The treatment design was a factorial 3×3 (three thermal ranges and 3 crate placement) and the design plot was a randomized block design, with each experiment replicated a block. An analysis of variance was performed followed by Tukey test. In the second part, thermal conditions were compared with the exposure time intervals, also on simulated condition of transportation in a climatic chamber, evaluating physiological responses (respiratory rate, surface and cloacal temperature, and gene expression of HSP70) and productive responses (loss weight and mortality during transport and the day after). For this purpose, 900 day-old chickens were used in this study. Three thermal ranges and three exposure time intervals was assessed. The plot structure adopted in the present study was a randomized design and the treatment structure was a 3×3 factorial (three thermal ranges and three time intervals). Statistical analysis was performed using a ANOVA followed by Tukey test. The third part concerns the evaluation of production performance in an experimental poultry facility in the first week of chickens, subjected to different thermal conditions evaluated earlier in the part 2. The animals were housed in an experimental farm for 7 days in 9 experimental boxes, and the distribution followed a sequence of the studied crates placement and heat treatments. To evaluate the performance of the animals it was measured daily in 10 animals per pen the animals' body weight and mortality was recorded. The plot structure adopted in the present study was a randomized design, using a general linear model with interactions of second order. As results, no significant changes were observed in the placement of the crates. Regarding the duration of exposure to different thermal environments, there was a marked variation in the parameters evaluated after 3 hours. About the influence of simulated transport conditions on growth performance of broiler chicks in first week, there was no clear evidence about this influence on body weight of animals.

Keywords: Thermal stress; Animal bioclimatology; Poultry production; Day-old chicken transport

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Perfil térmico da entalpia específica (h) ao longo da fileira do meio para os períodos manhã e tarde avaliado durante o inverno (Adaptado de Barbosa Filho et al., 2009)..... 31
- Figura 2 – Diagrama do fluxo de ventilação de uma carroceria climatizada para transporte de pintos de um dia (Adaptado de Quinn e Baker, 1997)..... 32
- Figura 3 – Fluxograma da pesquisa em câmara climática, sendo as caixas em azul os locais de pesquisa e as caixas em preto os fatores avaliados em cada etapa..... 33
- Figura 4 – Croqui da vista horizontal da câmara climática, onde: 1 – sistema de climatização do ambiente; 2 – posição das caixas de transporte estudadas; 3 – porta da câmara; 4 – mesa para aferição das variáveis nos animais; 5 – posição dos *loggers* para registro das variáveis ambientais.... 34
- Figura 5 – Divisão dos pintinhos na caixa de transporte (a) e caixas empilhadas na câmara climática (b)..... 35
- Figura 6 – Pontos corporais para a medição da temperatura superficial (a) e medição da temperatura cloacal com termômetro do tipo T (b)..... 37
- Figura 7 – Caixas empilhadas sobre o microagitador na câmara climática (a) e disposição das caixas com pintos intercaladas com caixas vazias no experimento (b)..... 40
- Figura 8 – Aferição das variáveis peso (a) e temperatura superficial (b) dos pintos de corte no interior da câmara climática..... 41
- Figura 9 – Materiais utilizados para a extração da amostra para posterior análise da expressão gênica da HSP70 (a) e detalhe da extração da amostra dos animais em estudo (b)..... 42
- Figura 10 - Galpão utilizado para o alojamento dos pintos de um dia após os tratamentos térmicos..... 44
- Figura 11 - Vista geral dos boxes com os círculos de proteção (a) e detalhe da distribuição dos comedouros, bebedouros e posicionamento da lâmpada para aquecimento dos animais (b)..... 44

Figura 12 - Posicionamento do logger dentro do box no galpão experimental.....	46
Figura 13 - Pesagem dos animais no galpão experimental.....	47
Figura 14 - Variação da frequência respiratória em relação aos tratamentos térmicos e posicionamento das caixas, sendo o valor médio de conforto representado pela linha vermelha.....	49
Figura 15 - Variação da temperatura superficial média em relação aos tratamentos térmicos e posicionamento das caixas, sendo o valor médio de conforto representado pela linha vermelha.....	50
Figura 16 - Variação da temperatura cloacal em relação aos tratamentos térmicos e posicionamento das caixas, sendo o valor médio de conforto representado pela linha vermelha.....	50
Figura 17 - Diagrama de caixas (boxplot) para as variáveis respostas (frequência respiratória – FR; temperatura superficial média - TSMEDIA; peso; temperatura cloacal – TC) em relação aos tratamentos térmicos (TRAT: 1 – Calor; 2 – Conforto; 3 – Frio) e os intervalos de tempo (TEMPO, em horas).....	58
Figura 18 - Variação da frequência respiratória em relação aos tratamentos térmicos e intervalos de tempo de exposição, sendo o valor médio de conforto representado pela linha vermelha.....	60
Figura 19 - Variação da temperatura superficial média em relação aos tratamentos térmicos e intervalos de tempo de exposição, sendo o valor médio de conforto representado pela linha vermelha.....	61
Figura 20 - Variação da temperatura cloacal em relação aos tratamentos térmicos e intervalos de tempo de exposição, sendo o valor médio de conforto representado pela linha vermelha.....	61
Figura 21 - Gel de agarose 1,5% corado com GelRed, sendo : 1 - padrão Low DNA Mass Ladder; 2 a 8 - amostras de produtos amplificados do gene HSP70 (101pb).....	68
Figura 22 - Curva de Melting do gene HSP70.....	68
Figura 23 - Curva de diluição gerada pela HSP70.....	69

- Figura 24 - Faixas limites crítica inferior e superior (linha tracejada) e faixas ótimas (linha contínua) das variáveis: temperatura (a), umidade relativa (b) e entalpia específica (c) para pintos de corte na primeira semana e as respectivas médias diárias no galpão..... 72
- Figura 25 - Variação do peso ao longo dos dias de criação em função das faixas térmicas (a) e posição das caixas (b)..... 75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Faixas de conforto e estresse térmico utilizadas na etapa 1.....	35
Tabela 2 – Faixas de conforto e estresse térmico utilizadas nos experimentos.....	39
Tabela 3 – Distribuição dos alojamentos dos animais nos boxes segundo os tratamentos térmicos e as caixas.....	45
Tabela 4 – Média e desvio-padrão para as variáveis respostas: frequência respiratória (FR), peso, temperatura superficial média (TSM) e temperatura cloacal (TC) em relação aos tratamentos térmicos e posição das caixas.....	48
Tabela 5 – Análise da variância de frequência respiratória para os diferentes tratamentos (faixas térmicas e caixas).....	51
Tabela 6 – Valores médios da interação entre posição das caixas e faixas térmicas em relação a frequência respiratória de pintos de um dia.....	52
Tabela 7 – Análise da variância da temperatura superficial média para os diferentes tratamentos (faixas térmicas e caixas).....	53
Tabela 8 – Temperatura superficial média para pintos de corte submetidos às diferentes faixas térmicas.....	53
Tabela 9 – Análise da variância da temperatura cloacal para os diferentes tratamentos (faixas térmicas e caixas).....	54
Tabela 10 - Valores médios da interação entre posição das caixas e faixas térmicas em relação a temperatura cloacal de pintos de um dia.....	55
Tabela 11 - Média e desvio-padrão para as variáveis respostas: frequência respiratória (FR), peso, temperatura superficial média (TSM) e temperatura cloacal (TC) em relação aos tratamentos térmicos e tempo de exposição.....	57
Tabela 12 - Valores médios de temperatura (Tbs) e umidade relativa (UR) e os respectivos gradientes de temperatura (ΔT) entre o interior das caixas e o ambiente da câmara climática.....	59
Tabela 13 - Número de pintos mortos (% por caixa) ao longo do tempo nas respectivas caixas em cada tratamento térmico em câmara climática.....	62

Tabela 14 - Número de pintos mortos (% por caixa) no dia seguinte ao teste em câmara climática, com relação às faixas térmicas e às caixas.....	62
Tabela 15 - Análise da variância da frequência respiratória para os diferentes tratamentos (faixas térmicas e intervalos de tempo).....	63
Tabela 16 - Valores médios da interação entre intervalos de tempo e faixas térmicas em relação a frequência respiratória de pintos de um dia.....	63
Tabela 17 - Análise da variância da temperatura superficial média para os diferentes tratamentos (faixas térmicas e intervalos de tempo).....	64
Tabela 18 - Valores médios da interação entre intervalos de tempo e faixas térmicas em relação a temperatura superficial média de pintos de um dia.....	65
Tabela 19 - Análise da variância da temperatura cloacal para os diferentes tratamentos (faixas térmicas e intervalos de tempo).....	66
Tabela 20 - Valores médios da interação entre intervalos de tempo e faixas térmicas em relação a temperatura cloacal de pintos de um dia.....	66
Tabela 21 - Análise de Tukey-Kramer para avaliar a diferença entre intervalos de tempo de exposição na expressão do gene HSP70.....	70
Tabela 22 - Número de pintos mortos (% por box) ao longo da primeira semana, com relação às faixas térmicas e às caixas após 6 horas de exposição.....	73
Tabela 23 - Média e desvio-padrão do peso corporal ao longo da primeira semana de criação em função das faixas térmicas.....	74
Tabela 24 - Valores médios da interação entre posição das caixas e faixas térmicas em relação a peso de pintos de corte no 4° dia.....	75
Tabela 25 - Valores médios da interação entre posição das caixas e faixas térmicas em relação a peso de pintos de corte no 6° dia.....	76
Tabela 26 - Valores médios da interação entre posição das caixas e faixas térmicas em relação a peso de pintos de corte no 7° dia.....	77

1 INTRODUÇÃO

A avicultura brasileira tem enfrentado diversos desafios nos últimos anos para manter-se na liderança mundial. Em 2010, a exportação da carne de frango brasileira manteve-se em torno de 3 milhões e 819 mil toneladas, o que representou um aumento de 51% em relação à 2009 (ABEF, 2011). No entanto, houve um recuo nos últimos meses, sendo que durante o mês de julho deste ano, o total exportado foi de 310.874 toneladas, ou seja, um déficit de 13,77% e 6,17%, sobre o mesmo mês do ano anterior (julho de 2010) e o mês anterior (junho de 2011), respectivamente (SECEX, 2011). Com isto, aumentaram-se as preocupações com a lucratividade do setor e, conseqüentemente, com os gargalos tecnológicos nas diferentes etapas de produção avícola. Esta lacuna de informação existente nas fases produtivas resulta em perdas diversas, cuja quantificação e localização ainda são pouco conhecidas para o setor. Considerando a variabilidade de condições físicas, logísticas e térmicas ao longo das etapas produtivas, as aves sofrem por estresse em diferentes estágios de produção, das matrizes de corte aos frangos com 42 dias de idade.

O desempenho do frango de corte é influenciado inicialmente pela produção de ovos pelas matrizes de corte de diferentes idades, em que aspectos de ambiência e bem-estar animal devem ser levados em consideração visando qualidade dos ovos férteis. Logo após, os ovos são transportados ao incubatório, cujas condições térmicas são altamente variáveis para o desenvolvimento dos embriões e para os pintos recém-eclodidos que se encontram sem alimento e acesso à água.

Durante o transporte de pintos de um dia, pouca padronização é observada, principalmente no que se refere ao conforto térmico dos animais. Sabe-se que os caminhões climatizados possuem grande heterogeneidade térmica ao longo do perfil da carroceria. A densidade de pintos de um dia por caminhão também é variável, podendo chegar à 60.000 pintos transportados nas laterais e no corredor da carroceria, aumentando os núcleos térmicos em diversos pontos da carga. Além disso, o fator tempo de exposição determina a intensidade dos efeitos negativos nos animais em jejum, sendo que a duração da viagem pode ultrapassar 36 horas. Outros fatores importantes também podem contribuir para a desuniformidade do lote e perdas antes e

logo após o alojamento, tais como a distância, vibração da carga, qualidade das estradas, tempo de viagem, tipos de caixas e de carrocerias climatizadas.

A área de logística de transporte de carga viva é carente de informações no Brasil. Enquanto várias pesquisas são direcionadas para o segmento “dentro da porteira” na área de ambiência e bem-estar animal, alguns trabalhos recentes têm sido desenvolvidos no segmento “pós-porteira”, e as informações relacionadas às etapas que antecedem o alojamento de pintos de um dia são bastante escassas, aumentando os prejuízos da avicultura brasileira. Com base nesta necessidade, algumas perguntas carecem de respostas visando à redução de perdas: como o ambiente térmico interfere na termorregulação de pintos de um dia? Como o tempo de exposição ao ambiente térmico pode afetar a resistência ou susceptibilidade dos animais ao estresse térmico? Existe influência da disposição das caixas no conforto térmico dos animais? Qual o reflexo destas condições de transporte no desempenho de animais na primeira semana de criação?

A caracterização do ambiente térmico do transporte e o estudo dos efeitos destes fatores no desempenho de pintos de um dia devem ser realizados, para que a quantificação das perdas e recomendações sobre as condições ideais possam ser estabelecidas na logística avícola.

Desta forma, o objetivo principal desta pesquisa foi avaliar os efeitos das condições simuladas de transporte de pintos de um dia nas respostas produtivas e fisiológicas. Foram também objetivos específicos:

- avaliar as respostas fisiológicas e produtivas de pintos de corte submetidos aos diferentes níveis de estresse térmico e posicionamento das caixas de transporte;
- avaliar a influência do tempo de exposição às diferentes condições térmicas na variação dos fatores fisiológicos de pintos de um dia em condição simulada de transporte;
- avaliar a influência das condições simuladas de transporte no desempenho produtivo de pintos de corte durante a primeira semana de criação.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Exigências térmicas de pintos de corte

A variação da termorregulação de pintos de corte após a eclosão do ovo é elevada, devido ao baixo isolamento corporal que facilita a resposta efetiva ao calor e ao frio (DAWSON; WHITTOW, 2000). Os mecanismos efetores do sistema termorregulador no estágio embrionário são funcionais, porém se tornam ativos apenas no período pós-eclosão, sendo este um pré-requisito para o desenvolvimento da termorregulação das aves (NICHELMANN; TZSCHENTKE, 2002). Nos primeiros 20 dias, o pinto possui mais características de pecilotermo do que homeotermo, devido à baixa produção de calor metabólico nos 6 primeiros dias, com elevada relação área superficial/peso corporal e potencial de dissipação de calor metabólico (GUSTIN, 2003). A partir deste ponto, a sequência de condições fisiológicas e as mudanças no metabolismo dos animais são responsáveis pela mudança gradual da heterotermia para a homeotermia no frango de corte. A habilidade do pinto recém-eclodido de regular com eficiência sua própria temperatura corporal está diretamente ligada ao bom desempenho na fase adulta (BARRI, 2008). Ou seja, o ambiente térmico atual modula o desenvolvimento dos mecanismos fisiológicos de controle térmico para todas as fases posteriores de desenvolvimento das aves (TZSCHENTKE, 2007).

A temperatura ambiental ideal na fase inicial destes animais encontra-se na faixa entre 32 e 35°C, e a umidade relativa em torno de 60% (LIN et al., 2005). A redução de 35 para 20°C no ambiente de pintos de um dia acarretou baixo peso corporal aos 7 dias de idade. Por meio do agrupamento com outros animais, evitou-se a perda excessiva de calor, o que conseqüentemente reduziu o uso dos comedouros e bebedouros (MALHEIROS et al., 2000). Semelhantes resultados foram encontrados por Mujahid e Furuse (2009), os quais não encontraram alterações no ganho de peso ou consumo alimentar após a exposição à temperatura de 20°C. Devido à instabilidade termorregulatória nesta fase, os pintos de um dia não apresentaram ganho compensatório no consumo alimentar, devido à diminuição da atividade física, mesmo com fornecimento de ração.

Quanto à perda de energia térmica por radiação, quando submetidos às temperaturas baixas (cerca de 10 a 15°C), os pintos nos primeiros dias apresentaram perda elevada de “calor sensível” durante os primeiros 30 minutos de exposição, seguido de estabilização da carga térmica em 15°C e declínio da mesma entre 5 e 10°C (SHINDER et al., 2007). A explicação para este efeito encontra-se na diferença entre a temperatura superficial e a do ambiente, responsável pela ativação dos mecanismos de vasoconstrição, o que mantém em médio prazo a estabilidade da temperatura corporal da ave. No entanto, com o passar da idade, as aves possuem cobertura de penas mais espessa, resultando em aumento no gradiente de temperatura entre o ar e a superfície, cuja diferença entre a primeira e a quarta semana pode alcançar 15°C em todas as partes do corpo da ave (CANGAR et al., 2008).

2.2 Termotolerância de pintos recém-nascidos

A termotolerância pode ser definida como a resistência do animal às condições hipertérmicas (MORAES et al., 2003). Sabe-se que as aves jovens possuem maior tolerância às altas temperaturas em relação às baixas, o que se encontra relacionado com a imaturidade da termorregulação corporal e, com isso, a ave possui maior necessidade de manter sua temperatura corporal elevada (DUNNINGTON; SIEGEL, 1984). Porém, estas mesmas temperaturas podem levá-las à hipertermia, resultando em alteração da temperatura cloacal (aproximadamente 2°C de diferença), aumento da frequência respiratória e variações do peso corporal a partir do quinto dia (DIONELLO et al., 2002). Com relação à temperatura da superfície corporal, Lin et al. (2005) observaram que o gradiente térmico entre o ambiente e a superfície do animal submetido à altas temperaturas foi menor do que para aves criadas em condição de conforto. Ou seja, o aumento da temperatura ambiente correspondeu ao aumento da temperatura superficial das aves. Este fato é consequência de que a capacidade de perda de “calor sensível” pelas aves jovens é reduzida com o aumento da temperatura, resultando em aumento da temperatura cloacal e utilização de mecanismos de perda de “calor latente”.

2.2.1 Expressão gênica da HSP70

Na avaliação da condição térmica de animais de produção, a utilização de indicadores fisiológicos torna-se importante pela acurácia na determinação do nível de estresse e conforto dos animais, complementando as variáveis físicas do ambiente. Um destes indicadores de adaptabilidade ao ambiente térmico é a expressão gênica de proteínas de proteção celular.

A exposição de células a uma temperatura elevada resulta em uma rápida produção de uma determinada classe de proteínas, denominada proteínas de choque térmico, Heat Shock Protein ou HSP, em inglês. Estas proteínas estão divididas em famílias, de acordo com seu peso molecular, sendo que a HSP70 (70 kDa) possui maior importância no metabolismo celular em células estressadas. Esta proteína previne a agregação de outras proteínas, facilita o processo de dobragem e montagem de proteínas nascentes, além de reparar ou degradar proteínas que estão prejudicadas (BENJAMIN; McMILLAN, 1998). No entanto, o grau de indução depende do nível e tempo de exposição ao agente estressor (KIANG; TSOKOS, 1998).

Em células não estressadas, ou seja, em condições normais, a HSP70 está presente em um complexo com os Fatores de Choque Térmico – HSF ou, como também conhecido Fator de Transcrição, pois são capazes de se ligar ao DNA, regulando a expressão da HSP70.

Quando ocorre o estresse térmico por calor e, conseqüentemente, o acúmulo de proteína dobrada, a HSP70 se desfaz do complexo e se liga de uma forma estável às proteínas (MORIMOTO, 1993; SKIDMORE et al., 1995). O HSF, uma vez livre, se agrega em uma forma trimérica ativa no citosol, devido à fosforilação promovida pela Proteína Quinase C (PKC), e ao entrar no núcleo, se liga ao Elemento de Choque Térmico – HSE, que são pequenas sequências específicas de bases presentes na região promotora dos genes da HSP, onde, conseqüentemente, ocorrem a transcrição do RNA, tradução e a produção de HSP70 (KIANG; TSOKOS, 1998). Quando o estresse acaba, a HSP70 se liga novamente com o HSF, e este complexo cessa a transcrição do HSP70 (MORIMOTO, 1993).

Essa resposta é um dos mecanismos adaptativos mais altamente conservados de que se tem conhecimento, ocorrendo em todos os organismos, permitindo, assim, que estes recuperem rapidamente suas funções, após o estresse (NAGAO et al., 1990). De acordo com Gabriel et al. (2003), a expressão de HSP70 desempenha também um papel crucial durante o desenvolvimento do músculo esquelético, pois é capaz de reduzir possíveis perdas embrionárias, devido às condições adversas de temperatura.

Miller e Qureshi (1992) mostraram evidências de que a produção de HSP70 está envolvida com a aquisição de termotolerância, que é definida como a capacidade das células, após exposição ao estresse moderado e subsequente recuperação, de sobreviver a um estresse que, sem esse pré-tratamento, seria letal. De acordo com Verbeke et al. (2001), este fenômeno ocorre devido a uma espécie de memória celular que proporciona a ativação de mecanismos reparadores.

2.3 A influência da idade das matrizes de corte

A diferença de peso entre os pintos geralmente ocorre em razão da diferença na idade das matrizes das quais são provenientes, ou seja, as matrizes mais velhas produzem ovos mais pesados e, portanto, pintos igualmente mais pesados após a eclosão (TANURE et al., 2009). Pintos provenientes de matrizes novas sofrem mais o efeito do estresse entre a eclosão no nascedouro e o alojamento, comparados com pintos de matrizes mais velhas (PEDROSO et al., 2006).

A idade da matriz determina o peso do ovo, pois com o envelhecimento da matriz são produzidos folículos maiores, o que resulta em gemas maiores e aumentando sua proporção em relação ao peso do ovo (ALMEIDA et al., 2006b). Estes resultados concordaram com Suarez et al. (1997), os quais afirmaram que a relação entre a idade e o peso da gema é curvilínea. No momento final da incubação esta diferença na composição dos ovos é importante, pois é quando ocorrerá a transferência de nutrientes do saco vitelínico para o embrião, sendo um fator que pode estar relacionado ao melhor desenvolvimento destas aves (ZAKARIA et al., 2009).

Com relação à influência da idade de matrizes no desempenho dos frangos na fase adulta, Dalanezi et al. (2005) comparou pintos de um dia da linhagem Ross,

provenientes de matrizes com idades entre 29 e 98 semanas. Os autores concluíram que a idade da matriz influencia na produtividade dos animais, e que o melhor desempenho produtivo foi alcançado por animais oriundos de matrizes entre 41 e 68 semanas. Além disso, aves provenientes de matrizes com idades extremas (mais jovens e mais velhas) apresentaram elevada mortalidade na fase final de criação (43 a 49 dias).

2.4 A ambiência nas etapas pré-porteira

O ambiente térmico onde o animal se encontra influencia nos parâmetros produtivos, por alterar a troca de energia térmica com o meio, o consumo alimentar, o ganho de peso e, conseqüentemente, a conversão alimentar (CELLA et al., 2001). A partição de energia antes utilizada para formação muscular e rendimento de carcaça passa a ser direcionada para processos fisiológicos de dissipação ou produção de energia térmica. Na primeira semana, para que o ganho de peso e eficiência produtiva sejam ideais, os pintos necessitam estar submetidos a uma faixa ótima de temperatura e umidade, bem como à adequada ingestão de ração e água (CORDEIRO et al., 2010). Apesar da quantidade elevada de informações relativas às instalações de produção avícola (TINÔCO, 2001), são escassas as pesquisas sobre os aspectos térmicos dos ambientes utilizados antes do alojamento, os quais podem influenciar o desempenho e a fisiologia dos animais nas fases posteriores.

2.4.1 Sala de ovos

No geral, os ovos provenientes da granja de matrizes são transportados para os incubatórios e logo em seguida são armazenados antes da incubação. A duração do período de armazenagem pode variar entre um dia e uma semana, de acordo com a distância entre a granja e o incubatório, capacidade do incubatório e condições de mercado. O tempo de estocagem dos ovos, antes da incubação, pode afetar a eclodibilidade e a qualidade dos pintos devido à alteração do estágio embrionário.

Porém, o ambiente possui grande influência, principalmente quanto à temperatura, umidade, qualidade do ar e orientação dos ovos (MEIJERHOF, 1992). Segundo Decuypere et al. (2003), a temperatura ideal de pré-incubação deve ser de 10 a 12°C para ovos armazenados por um período superior a 2 semanas, sendo a umidade relativa entre 75 a 90%, evitando a condensação sobre a casca dos ovos. Esta baixa temperatura refere-se ao chamado “zero fisiológico”, ou seja, acima da faixa entre 20 e 24°C reinicia-se o processo de desenvolvimento embrionário, o que pode gerar diferenças no desenvolvimento embrionário e nascimentos desuniformes (GONZALES; CESÁRIO, 2003). No entanto, a manutenção de ovos durante o período de pré-incubação sob temperaturas em torno de 23°C não afetou a eclodibilidade ou a incidência de anomalias no embrião ou no pinto de um dia (BOURASSA et al., 2003). Segundo os autores, o aumento de temperatura visou à economia de energia de refrigeração, evitando também condensação de vapor d’água na superfície dos ovos e, conseqüentemente, a contaminação bacteriana dos mesmos.

Relacionado ao tempo de estocagem, Tona et al. (2003) avaliaram o efeito de diferentes tempos de armazenagem (3 ou 18 dias) na eclodibilidade e qualidade do pinto de um dia. Os autores constataram que devido ao atraso no desenvolvimento embrionário, o período de 18 dias reduziu a porcentagem de pintos de um dia com elevada qualidade e desempenho satisfatório nos 7 primeiros dias na granja. Além disso, o tempo afetou negativamente a mortalidade embrionária durante o 18° e o 19° dia de incubação, independente do tempo de incubação, principalmente em ovos que chegam ao incubatório em estágio avançado de desenvolvimento embrionário (REIJRINK et al., 2009).

2.4.2 Incubação

O manejo ambiental da incubação passou a ter importância com o crescimento da avicultura e da proporção de pintos alojados nos últimos anos. No entanto, observam-se decréscimos na eclodibilidade e desempenho dos animais em função da falta de controle das condições térmicas ao longo dos 21 dias de incubação dos ovos. Para isso, alguns fatores devem ser observados e controlados visando ao aumento da

qualidade dos animais nas fases de criação, tais como a temperatura, umidade relativa, viragem dos ovos, peso dos ovos, fluxo e qualidade do ar dentro das máquinas, idade do embrião e estágio da embriogênese e idade da matriz (FRENCH, 1997; TONA et al., 2005; HULLET, 2007).

Segundo Decuypere e Michels (1992), a temperatura é o fator ambiental mais importante e crítico que afeta as respostas pós-eclosão de pintos. A temperatura ideal de incubação é de 37,8°C e a umidade relativa de 60%, com oxigenação adequada e viragem a cada hora, sendo que a faixa de tolerância para embriões acima da temperatura ideal é menor do que para temperaturas menores. Gigli et al. (2009) relataram que as temperaturas ideais visando a melhor eclodibilidade e qualidade do pinto de um dia se encontra na faixa de 37 a 38°C e umidade relativa entre 50 e 60%. Temperaturas baixas (21 a 36,9°C) ou altas (39,6°C) afetaram o crescimento do trato esquelético de embriões durante a incubação (YALÇIN; SIEGEL, 2003). Posteriormente, Oviedo-Rondón et al. (2008) afirmaram que temperaturas acima de 37°C e concentrações de oxigênio abaixo de 21% afetaram o crescimento ósseo durante a incubação. O animal se encontra em rápida maturação dos ossos e órgãos, por isso, o consumo de O₂ é maior nesta fase.

Em termos de umidade relativa na incubação, Bruzual et al. (2000) observaram aumento de embriões mortos quando a umidade relativa adotada foi de 63%, possivelmente explicado pela redução de oxigênio, devido ao aumento de vapor d'água no interior da máquina durante a fase em que o embrião demanda maior quantidade de oxigênio. Os resultados foram posteriormente confirmados por Nääs et al. (2008), os quais afirmaram que a baixa qualidade de pintos após a eclosão foi relacionada com elevada velocidade do vento (cerca de 4 m/s) e umidade relativa (acima de 65%).

2.4.3 Período de espera antes do alojamento

Logo após o nascimento, os pintos permanecem no incubatório ou na granja, de acordo com a logística de transporte para as granjas aonde serão alojados. Neste período de espera, os animais permanecem sob jejum alimentar e hídrico e muitas vezes em condições ambientais sem controle. A respeito desta etapa, existem poucas

informações sobre as condições ideais (XIN; HARMON, 1996). Segundo os mesmos autores, quando submetidos à espera sob temperaturas entre 25 e 20°C, a mortalidade variou entre 0,7 e 1,1%, respectivamente, enquanto a perda de massa corporal foi de 13,5 a 14% do peso inicial.

Após a retirada do pinto da incubadora e sua permanência no nascedouro, Almeida et al. (2006a) não registraram perda de peso durante a permanência no nascedouro (2 dias). Entretanto, durante a espera na granja antes do alojamento, foi observado que o peso dos pintos de um dia diminuiu 12% à medida que aumentou o tempo de permanência dentro de caixas de papelão (PEDROSO et al., 2005). Isto se deve à perda de água, absorção do saco vitelino e de proteína muscular, utilizada como energia para o animal nesta fase. Com isto, eles ficaram debilitados após o alojamento, o que justificou a elevada mortalidade após 48 horas de alojamento (0,73%). Posteriormente, Teixeira et al. (2009) afirmaram que as maiores reduções de peso ocorreram com animais mantidos sob 52 horas de espera, e os melhores resultados quanto ao desempenho de frangos de corte, foram observados quando os mesmos foram alimentados até 48 horas após a eclosão.

2.4.4. Transporte

No geral, o transporte de carga viva ocorre sob diferentes condições que podem estressar e comprometer a qualidade do animal, como a vibração do caminhão, restrição de água, distância, estações do ano, variáveis térmicas, tempo de viagem, densidade de aves por caixa, dentre outros (NICOL; SCOTT, 1990; MITCHELL; KETTLEWELL, 1998, KETTLEWELL et al., 2000, BARBOSA FILHO et al., 2009, VIEIRA et al., 2010; 2011). No entanto, existem poucas informações a respeito das condições ideais e dos principais problemas ligados ao transporte de pintos de um dia, entre o incubatório e o abatedouro. Sabe-se que os animais chegam a permanecer 72 horas em movimento, o que possivelmente compromete desde o comportamento do animal até o desempenho nas fases posteriores (VALROS et al., 2008).

Sobre o tempo de transporte, Xin e Rieger (1995) pesquisaram as condições de transporte aéreo de pintos de um dia correlacionadas com mortalidade, em período total

de viagem de 72 horas. Segundo os autores, com o aumento do tempo de viagem aérea, houve aumento das mortes antes da chegada ao alojamento, alcançando 12% ao final do trajeto.

Quanto à distribuição térmica ao longo do caminhão de transporte de ovos, porém com o mesmo *lay out* do caminhão de transporte de pintos, os maiores desvios foram observados perto das portas e próximo ao climatizador (DAMRON et al., 1994). Resultados similares para frangos de corte adultos foram encontrados por Barbosa Filho et al. (2009), indicando que as regiões traseira e central da carga são inadequadas sob o ponto de vista de conforto térmico.

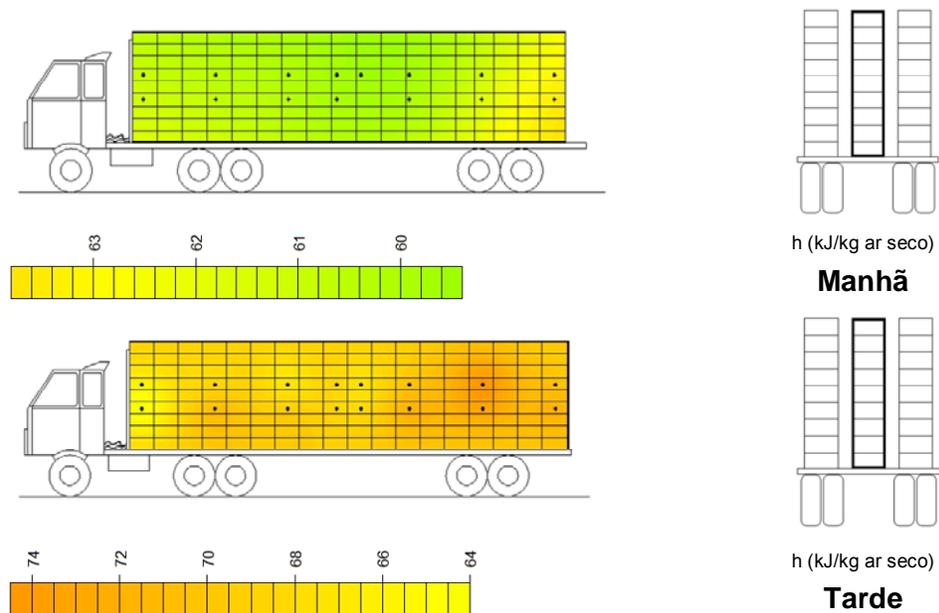


Figura 1 – Perfil térmico da entalpia específica (h) ao longo da fileira do meio para os períodos manhã e tarde avaliado durante o inverno (Adaptado de Barbosa Filho et al., 2009)

De acordo com resultados posteriores, Simões et al. (2009) evidenciaram que a parte traseira do caminhão é o principal núcleo térmico no perfil da carga de frangos de corte e que a ventilação neste caso exerce importante função no conforto térmico de animais em trânsito.

Segundo Quinn e Baker (1997), o pico de temperatura em caminhões para transporte de pintos foi encontrado nas caixas frontais centrais, ou seja, também

próximas ao climatizador do baú transportador. Além disso, foi encontrada uma parte do ar frio entrando do piso do veículo na frente do espaço da carga, quando adotada a configuração com todas as caixas. Segundo o autor, este efeito reduz a circulação de ar ao longo da carga, possivelmente ocasionando uma heterogeneidade térmica ao longo da carga (Figura 2).

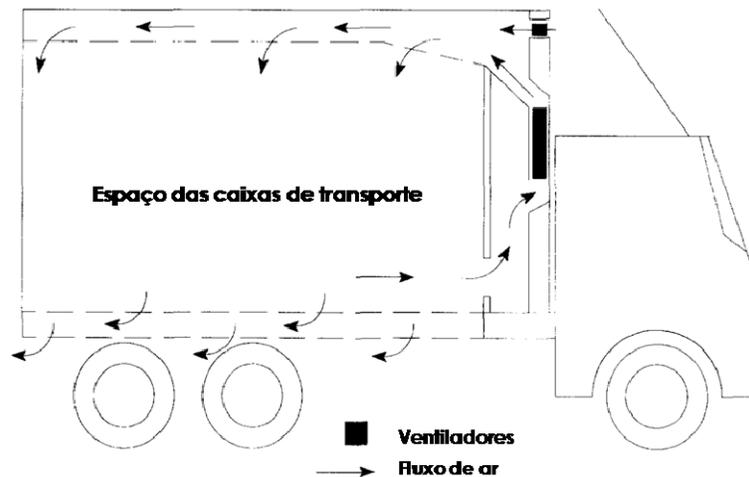


Figura 2 – Diagrama do fluxo de ventilação de uma carroceria climatizada para transporte de pintos de um dia (Adaptado de Quinn e Baker, 1997)

Com relação ao efeito das estações do ano, foi relatado por Anderson et al. (2008), em pesquisa com caminhões transportadores de ovos para consumo, que, durante a fase de entrega dos ovos, tanto a estação quanto a duração da entrega influenciou na temperatura interna dos ovos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Descrição geral da pesquisa

A pesquisa foi realizada nas dependências do Núcleo de Pesquisa em Ambiência (NUPEA) e do Departamento de Genética (LGN) da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, situada em Piracicaba, Estado de São Paulo, apresentando latitude de 22° 42’ 30” S, longitude de 47° 38’ 00” W e a altitude de 546 m. O presente trabalho foi dividido em três etapas (Figura 3), para possibilitar o entendimento do efeito dos diferentes cenários térmicos, posição das caixas de transporte e dos intervalos de tempo de exposição ao ambiente nas respostas fisiológicas e produtivas de pintos de um dia em condição simulada de transporte e, posteriormente, durante 7 dias de criação em campo.

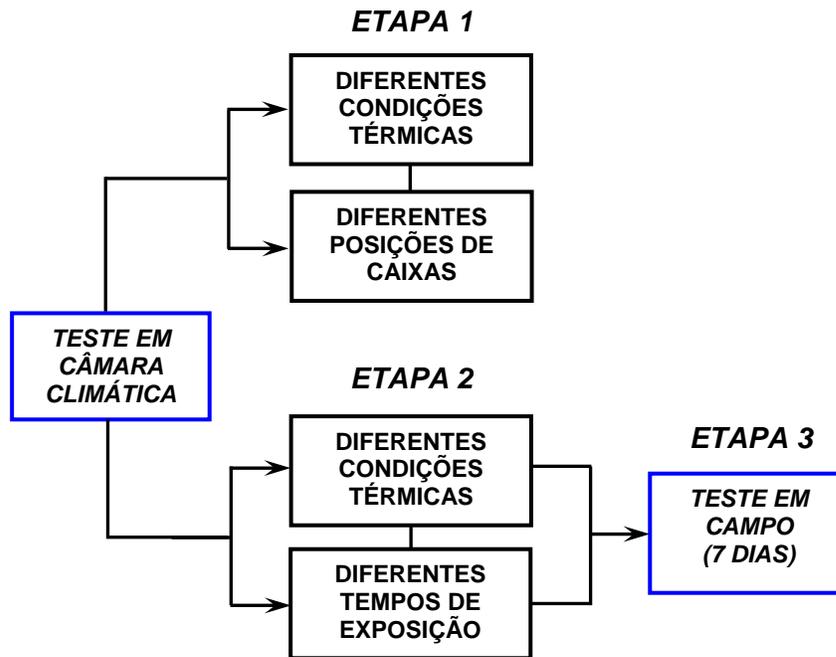


Figura 3 – Fluxograma da pesquisa em câmara climática, sendo as caixas em azul os locais de pesquisa e as caixas em preto os fatores avaliados em cada etapa

A etapa 1 consistiu em um estudo para avaliar as diferentes condições térmicas comparadas com as diferentes posições das caixas empilhadas, sendo o tempo de exposição fixo na pesquisa. Na etapa 2, as condições térmicas foram comparadas com

os intervalos de tempo de exposição. Já a etapa 3 referiu-se à avaliação do desempenho zootécnico na primeira semana em campo dos pintos submetidos às diferentes condições térmicas avaliadas anteriormente na etapa 2.

3.2. Etapa 1: Respostas termorregulatórias de pintos de um dia submetidos à condição térmica simulada de transporte

Dois experimentos replicados executados em dias diferentes foram conduzidos em câmara climática (Figura 4), nas dependências do Núcleo de Pesquisa em Ambiência (NUPEA/ESALQ/USP), em Piracicaba, São Paulo, durante o mês de janeiro de 2010. Devido as caixas não terem sido submetidas à simulação de movimento, denominou-se apenas a simulação como sendo condição térmica simulada.

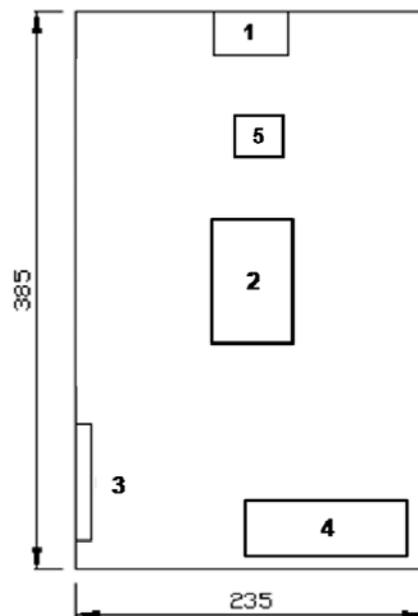


Figura 4 – Croqui da vista horizontal da câmara climática, onde: 1 – sistema de climatização do ambiente; 2 – posição das caixas de transporte estudadas; 3 – porta da câmara; 4 – mesa para aferição das variáveis nos animais; 5 – posição dos *loggers* para registro das variáveis ambientais

Para cada um dos experimentos, foram utilizados 360 pintos de um dia da linhagem Cobb 500, devidamente sexados e vacinados, provenientes de matrizes com idade de 41 semanas. Os ovos incubados foram do mesmo lote de matrizes, mantidos na mesma incubadora e nascedouro no incubatório. Estes animais foram submetidos a

3 condições térmicas durante uma hora, de acordo com as faixas propostas por Malheiros et al. (2000), Lin et al. (2005) e Shinder et al. (2007) (Tabela 1). A justificativa em se trabalhar por uma hora refere-se ao fato do tempo não ter sido fator de estudo nesta etapa. Desta forma, a escolha de um tempo fixo possibilitou apenas a observações das faixas térmicas e posicionamento das caixas.

Tabela 1 – Faixas de conforto e estresse térmico utilizadas na etapa 1

Faixas térmicas	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)
Conforto térmico	35	60
Estresse por frio	15	60
Estresse por calor	40	70

Os animais foram mantidos em caixas de transporte de pintos de um dia com quatro compartimentos, sendo cada um deles com 10 animais, totalizando 40 animais por caixa (Figura 5a). Foram utilizadas 3 caixas empilhadas (superior, mediana e inferior), simulando o que ocorre no caminhão de transporte (Figura 5b).



(a)



(b)

Figura 5 – Divisão dos pintinhos na caixa de transporte (a) e caixas empilhadas na câmara climática (b)

Este tipo de caixa foi utilizado devido à disponibilidade da mesma no local da pesquisa, além da possibilidade de dividir o lote em machos e fêmeas. Posteriormente, decidiu-se trabalhar com lote misto, mantendo os animais neste tipo de caixa.

Antes dos tratamentos, as caixas foram mantidas em um círculo de proteção com aquecimento, para o retorno da condição de conforto dos animais após o transporte do incubatório para o laboratório. Após os tratamentos na câmara climática, os animais foram mantidos em um círculo de proteção, com aquecimento por meio de campânula com lâmpadas e alimentação e fornecimento de água *ad libitum*. O intuito de mantê-los no Laboratório de Ambiência foi verificar se houve mortalidade no dia seguinte do experimento, conforme explicado adiante.

3.2.1 Variáveis bioclimáticas

A caracterização bioclimática da câmara climática foi realizada por meio do registro da temperatura do bulbo seco (°C) e umidade relativa (%). Para esta análise, foi instalado um *logger* próximo às caixas. Com base na temperatura e umidade relativa e com o intuito de obter uma medida que evidencie a quantidade de energia térmica no ambiente, foi calculada a entalpia específica (h , kJ/kg de ar seco), conforme a fórmula desenvolvida por Rodrigues et al. (2011):

$$h = 1,006 \cdot t + \frac{UR}{p_B} \cdot 10^{\left(\frac{7,5 \cdot t}{237,3+t}\right)} \cdot (71,28 + 0,052 \cdot t)$$

Onde t = temperatura do bulbo seco (°C); UR = umidade relativa (%) e p_B = pressão barométrica (mmHg).

3.2.2 Variáveis fisiológicas e produtivas

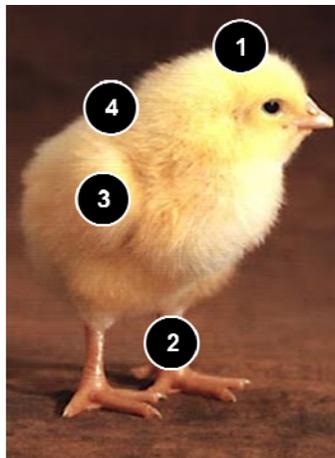
Para avaliação fisiológica, as medidas foram aferidas logo após 1 hora de tratamento térmico, sendo que as medições das variáveis obedeceram a um ordenamento para não influenciar nas respostas fisiológicas, sendo a seguinte ordem

adotada: frequência respiratória, peso, temperatura superficial e temperatura cloacal. A frequência respiratória (mov./min.) se deu a partir da contagem do número de movimentos abdominais realizados pelo pinto pelo tempo de 15 segundos, que posteriormente foram multiplicados por 4 para se ter a medida em movimentos por minuto. Foram realizados monitoramentos do peso corporal utilizando uma balança semianalítica, com precisão de 0,1 g. A temperatura da superfície (°C) se deu pela aferição da temperatura da asa, cabeça, pata e dorso do pinto de um dia utilizando um termômetro de infravermelho (Figura 6a). A partir destes pontos, foi possível calcular a temperatura média superficial (TSM , °C), por meio da equação proposta por Nascimento (2010), para frangos de corte da linhagem Cobb na primeira semana de criação:

$$TSM = 3,47 + 0,11T_a + 0,10T_c + 0,15T_p + 0,56T_d$$

Onde T_a = temperatura da asa; T_c = temperatura da cabeça; T_p = temperatura da perna e T_d = temperatura do dorso.

A temperatura cloacal foi aferida com um termômetro do tipo T introduzido na cloaca do pinto até a sua estabilização e obtenção do valor da temperatura (Figura 6b).



(a)



(b)

Figura 6 – Pontos corporais para a medição da temperatura superficial (a) e medição da temperatura cloacal com termômetro do tipo T (b)

A mortalidade (%) foi calculada pelo número de aves mortas em relação ao total de aves transportadas durante o experimento e um dia após o ensaio, para verificar o efeito *a posteriori* da combinação dos tratamentos. Este dado foi obtido separadamente para cada tratamento.

3.2.3 Análise estatística

Foi realizada uma análise descritiva utilizando médias e desvios padrões para os fatores avaliados, por meio do *software* estatístico Minitab v.15 (MINITAB 15 STATISTICAL SOFTWARE, 2007). A estrutura de parcelas adotada neste trabalho foi o delineamento em blocos casualizados, sendo cada experimento replicado considerado um bloco, ou seja, cada dia que foi realizado um experimento replicado foi considerado bloco. A estrutura de tratamento adotada foi um fatorial 3×3 (três faixas térmicas e três posições de caixas). Para a análise estatística confirmatória foi realizada uma ANOVA seguida do teste de Tukey para a comparação múltipla de médias, visando encontrar possíveis diferenças entre os tratamentos, no que diz respeito ao peso corporal, frequência respiratória, temperatura média superficial e temperatura cloacal. Tais análises foram realizadas por meio do *software* estatístico SAS 9.2 (SAS INSTITUTE, 2009).

3.3 Etapa 2: Avaliação produtiva e fisiológica de pintos de corte submetidos à condição simulada de transporte

Nesta etapa estudaram-se os efeitos de diferentes condições térmicas em pintos submetidos à condição simulada de transporte, avaliando respostas fisiológicas (frequência respiratória, temperatura cloacal e superficial, e expressão gênica da proteína de choque térmico – HSP70) e respostas produtivas (perda de peso e mortalidade durante o transporte e no dia seguinte). A avaliação da expressão gênica justificou-se pela produção elevada da proteína HSP70 nas células, quando os animais são submetidos ao estresse por calor, como um mecanismo adaptativo de recuperação rápida das funções do organismo após o estresse térmico. Devido à escassez de

informações para pintos de corte, principalmente em condições de transporte, espera-se que o entendimento desta expressão gênica seja mais um indicador preciso de estresse.

3.3.1 Animais e tratamentos

Para o desenvolvimento desta etapa, foram utilizadas 900 aves com um dia de idade, linhagem Cobb 500, devidamente vacinadas e sexadas, provenientes de matrizes com idade de 41 semanas. Os ovos incubados foram do mesmo lote de matrizes, mantidos na mesma incubadora e nascedouro no incubatório. As aves foram submetidas aos tratamentos em uma câmara climática nas dependências do NUPEA durante o mês de janeiro de 2011. Foram realizadas três avaliações, segundo as faixas de conforto e estresse térmicos descritos por Gustin (2003) e Lin et al. (2005) (Tabela 2).

Tabela 2 – Faixas de conforto e estresse térmico utilizadas nos experimentos

Faixas térmicas	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)
Estresse por calor	38	75
Conforto térmico	35	60
Estresse por frio	20	75

Em cada tratamento, os animais foram expostos a três intervalos de tempo de exposição (0, 3 e 6 horas), segundo Dionello et al. (2002) e Shinder et al. (2007), e foram mantidos em 3 caixas (em posições diferentes na pilha) (Figura 7a). Foram utilizados 300 animais em cada tratamento, distribuídos em três caixas empilhadas (superior, mediana e inferior), totalizando 100 animais por caixa (Figura 7b), simulando o que ocorre no caminhão de transporte.

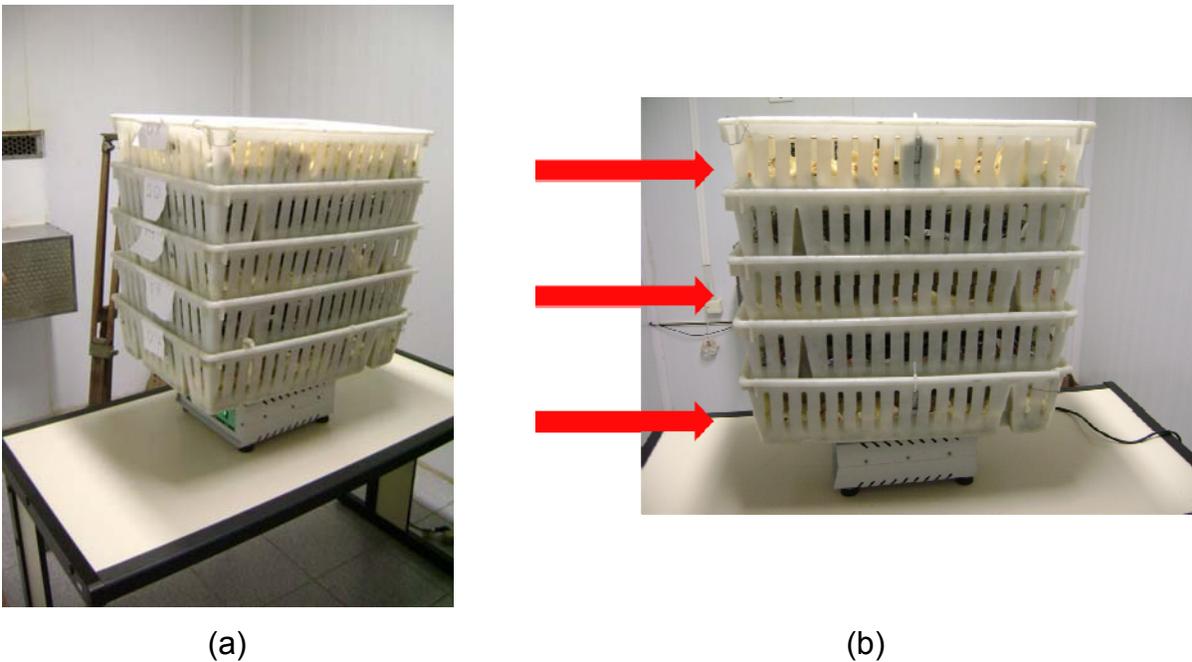


Figura 7 – Caixas empilhadas sobre o microagitador na câmara climática (a) e disposição das caixas com pintos intercaladas com caixas vazias no experimento (b)

Para que houvesse a simulação da vibração da carga no caminhão, as caixas foram mantidas em um microagitador da marca Marconi, durante a exposição ao ambiente térmico. A aceleração adotada da máquina durante todos os experimentos foi por volta de 10 m/s^2 , segundo recomendação de Garcia et al. (2008).

3.3.2 Variáveis bioclimáticas, fisiológicas e zootécnicas

Em cada avaliação na câmara climática, as seguintes variáveis bioclimáticas foram registradas a cada 30 minutos: temperatura do bulbo seco ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa (%) e a partir destes dados, os valores da entalpia específica foram calculados, conforme descrito no item 3.2.2.1. Também na caixa foi inserido um *logger* para registro da temperatura e umidade relativa, com o intuito de verificar o gradiente térmico entre o ambiente e o interior da caixa.

Para avaliação fisiológica, as medidas foram aferidas logo após os tempos de exposição de tratamento térmico (0, 3 e 6 horas), sendo que as medições das variáveis obedeceram a um ordenamento para não influenciar nas respostas fisiológicas, sendo a

seguinte ordem adotada: frequência respiratória, peso, temperatura superficial e temperatura cloacal. Para as análises das variáveis zootécnicas foram aferidos em 5 animais de cada caixa o peso corporal (Figura 8a) antes (tempo 0) e depois dos tratamentos (3 e 6 horas) e as variáveis fisiológicas: frequência respiratória, temperatura cloacal e temperatura superficial média (Figura 8b), conforme descrito anteriormente.



(a)



(b)

Figura 8 – Aferição das variáveis peso (a) e temperatura superficial (b) dos pintos de corte no interior da câmara climática

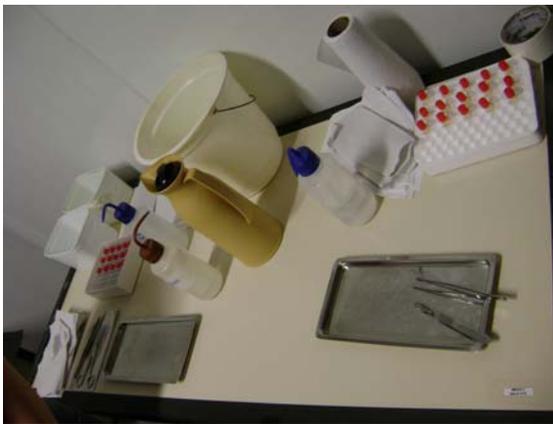
A mortalidade (%) foi calculada pelo número de aves mortas em relação ao total de aves durante o experimento e um dia após o ensaio, para verificar o efeito *a posteriori* da combinação dos tratamentos. Este dado foi obtido separadamente para cada tratamento. Para verificar a mortalidade do dia seguinte, os animais foram transferidos para a granja de criação, em círculos de proteção com aquecimento, alimentação e água *ad libitum*.

Para a análise da expressão do gene HSP70 no tratamento de estresse térmico por calor, foi coletada amostra da musculatura peitoral de 5 aves por tratamento, totalizando 45 pintos por experimento (Figura 9a). Posteriormente, as amostras foram imediatamente congeladas em nitrogênio líquido e armazenadas a -80°C para posterior

quantificação da expressão gênica no Laboratório de Biotecnologia Animal - ESALQ/USP (Figura 9b).



(a)



(b)

Figura 9 – Materiais utilizados para a extração da amostra para posterior análise da expressão gênica da HSP70 (a) e detalhe da extração da amostra dos animais em estudo (b)

O RNA total foi isolado dos tecidos conforme metodologia descrita por Chomczynski e Sacchi (1987). A síntese de cDNA foi feita com emprego do Kit *ImProm-II Reverse Transcription System* (Promega) seguindo as instruções do fabricante.

A análise da expressão gênica foi realizada utilizando-se a metodologia de PCR quantitativa em tempo real. Nas reações foram utilizados o *Kit LightCycler® 480 SYBR Green I Master* (Roche) no equipamento *LightCycler® 480* (Roche). Os resultados da expressão gênica foram gerados e registrados como valores de Ct (*cycle threshold*). Estes valores foram analisados utilizando-se o programa REST 2008 (*Relative Expression Software Tool 2008*), descrito por Pfaffl (2001).

3.3.3 Análise estatística

Foi realizada uma análise descritiva utilizando médias e desvios padrões para os fatores avaliados, bem como diagramas de caixas (*boxplot*) para visualização da dispersão e tendência central das medidas estudadas, utilizando o *software* estatístico Minitab v.15 (MINITAB 15 STATISTICAL SOFTWARE, 2007). A estrutura de parcelas adotada neste trabalho foi o delineamento inteiramente casualizado, e a estrutura de tratamento foi um fatorial 3×3 (três faixas térmicas e três intervalos de tempo). Para a análise estatística confirmatória foi realizada uma ANOVA seguida do teste de Tukey para a comparação múltipla de médias para encontrar possíveis diferenças entre os tratamentos, no que diz respeito ao peso corporal, frequência respiratória, temperatura média superficial e temperatura cloacal. Tais análises foram realizadas por meio do *software* estatístico SAS 9.2 (SAS INSTITUTE, 2009).

3.4. Etapa 3: Avaliação do desempenho zootécnico na primeira semana de desenvolvimento de pintos de corte submetidos às diferentes condições térmicas

3.4.1 Caracterização do local do experimento

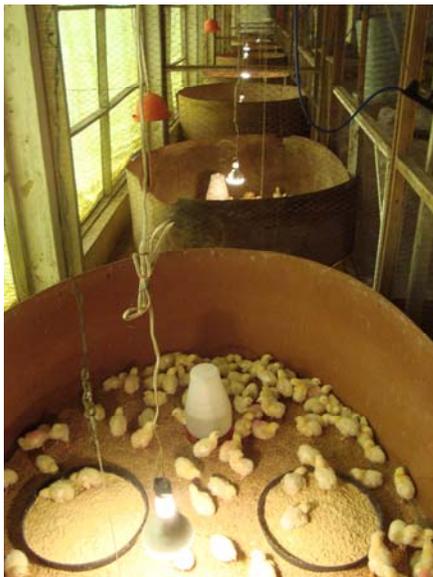
Nesta etapa, os mesmos animais que foram avaliados na Etapa 2 (item 3.2.3) foram alojados em uma granja experimental nas dependências do Departamento de Genética da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, entre os dias 19 e 26 de janeiro de 2011.

O ambiente de criação consistiu em um galpão de alvenaria, cuja largura é de aproximadamente 10 metros e comprimento próximo de 27 metros, sendo o pé-direito de 2,8 metros (Figura 10).

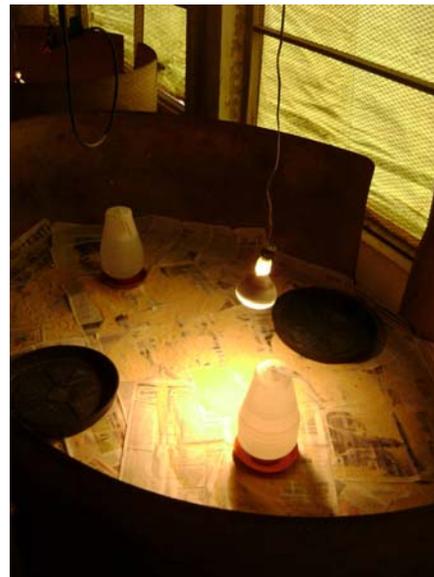


Figura 10 – Galpão utilizado para o alojamento dos pintos de um dia após os tratamentos térmicos

As aves foram alojadas sem separação de sexo em 9 *boxes* (3 m²) com círculo de proteção de eucatex e casca de arroz como material de cobertura do piso (Figura 11a). Em cada um dos *boxes*, foi feito o aquecimento por meio da instalação de uma lâmpada por *box* de 25 W ao longo dos 7 dias (Figura 11b).



(a)



(b)

Figura 11 – Vista geral dos boxes com os círculos de proteção (a) e detalhe da distribuição dos comedouros, bebedouros e posicionamento da lâmpada para aquecimento dos animais (b)

Durante os 7 dias de alojamento foram utilizados bebedouros tipo copo de pressão nos primeiros 3 dias, bebedouros tubulares e comedouros tubulares infantis, na proporção de 1 equipamento para 80 aves. O programa de luz adotado foi de 24 horas de luz no 1° dia e 20 horas de luz do 2° ao 7° dia. A ração e água foram fornecidas *ad libitum* para todos os dias de criação. A ração adotada foi do tipo inicial.

3.4.2 Animais e tratamentos

Os mesmos animais da etapa 2 foram alojados no galpão experimental, sendo que a distribuição obedeceu à sequência de caixas e tratamentos térmicos pesquisados. Ou seja, cada tratamento foi pesquisado em dias diferentes e as 3 caixas destes tratamentos foram levadas ao galpão de criação, sendo que cada caixa com 100 animais do respectivo tratamento (descontadas as mortes durante o teste na câmara climática) foram colocadas dentro de um *box*. Como foram 3 tratamentos térmicos e 3 caixas, logo foram utilizados 9 *boxes*, conforme evidenciado na Tabela 3.

Tabela 3 – Distribuição dos alojamentos dos animais nos *boxes* segundo os tratamentos térmicos e as caixas

Data de alojamento	Box	Tratamento térmico	Caixa	N° de animais
19/01/2011	1	Calor	1	100
19/01/2011	2	Calor	2	100
19/01/2011	3	Calor	3	100
20/01/2011	4	Conforto	1	100
20/01/2011	5	Conforto	2	100
20/01/2011	6	Conforto	3	100
21/01/2011	7	Frio	1	100
21/01/2011	8	Frio	2	100
21/01/2011	9	Frio	3	100

3.4.3 Avaliação bioclimática e zootécnica

Ao longo dos 7 dias de criação dos pintos de corte, foi realizada uma caracterização bioclimática da instalação utilizada por meio do registro da temperatura do bulbo seco e umidade relativa. Para esta análise, foi instalado um *logger* próximo dos animais, com o intuito de verificar as condições térmicas dentro das quais os animais foram criados (Figura 12). O intervalo de registro de dados foi de 10 minutos, possibilitando a análise temporal das variáveis térmicas. Com base na temperatura e umidade relativa foi calculada a entalpia específica, conforme evidenciado nas etapas anteriores.



Figura 12 – Posicionamento do *logger* dentro do *box* no galpão experimental

Para a avaliação do desempenho dos animais, foi aferido diariamente em 10 animais aleatoriamente por *box* o peso corporal dos animais, utilizando uma balança semianalítica, com precisão de 0,1 g (Figura 13).



Figura 13 – Pesagem dos animais no galpão experimental

A mortalidade (%) foi calculada pelo número de aves mortas em relação ao total de aves durante o experimento. Este dado foi obtido separadamente para cada tratamento.

3.4.4 Análise estatística

Foi realizada uma análise descritiva utilizando médias e desvios padrões para os fatores avaliados, utilizando o *software* estatístico Minitab v.15 (MINITAB 15 STATISTICAL SOFTWARE, 2007). A estrutura de parcelas adotada neste trabalho foi o delineamento inteiramente casualizado. A estrutura de tratamento adotada foi primeiramente um fatorial $3 \times 3 \times 7$ (três faixas térmicas, três posições de caixas e 7 idades), para confirmar a partir de qual idade foi possível observar a interação entre faixas térmicas e posicionamento das caixas (caso existissem). Após esta confirmação, os fatores faixas térmicas e posicionamento de caixas foram comparados utilizando um modelo linear geral com fatores principais e interação de segunda ordem. Para a análise estatística confirmatória foi realizada uma ANOVA seguida do teste de Tukey para a comparação múltipla de médias para encontrar possíveis diferenças entre os tratamentos, no que diz respeito ao peso corporal diário. Tais análises foram realizadas por meio do *software* estatístico SAS 9.2 (SAS INSTITUTE, 2009).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Etapa 1: Respostas termorregulatórias de pintos de um dia submetidos à condição térmica simulada de transporte

Na tabela 4 são evidenciadas as médias e os desvios padrões de cada variável resposta em função dos tratamentos aplicados. No geral, houve pouca variação dos fatores estudados com relação ao tratamento caixa, o que evidencia um possível efeito não significativo de caixas dentro de cada tratamento para a maioria das variáveis estudadas.

Tabela 4 – Média e desvio-padrão para as variáveis respostas: frequência respiratória (FR), peso, temperatura superficial média (TSM) e temperatura cloacal (TC) em relação aos tratamentos térmicos e posição das caixas

Faixas	Caixas	Variáveis respostas			
		FR (mov./min.)	Peso (g)	TSM (°C)	TC (°C)
Conforto	1	68 ± 11	40,8 ± 3,4	35,1 ± 0,4	41,2 ± 0,3
	2	64 ± 8	41,4 ± 4,0	35,2 ± 0,5	41,2 ± 0,3
	3	65 ± 13	41,1 ± 3,8	35,0 ± 0,3	40,9 ± 0,2
Frio	1	124 ± 17	40,3 ± 3,9	21,2 ± 1,4	37,8 ± 1,0
	2	124 ± 9	41,0 ± 3,9	21,4 ± 1,2	37,6 ± 0,9
	3	130 ± 11	40,4 ± 4,3	21,5 ± 1,2	37,7 ± 1,2
Calor	1	225 ± 47	39,7 ± 2,9	38,0 ± 0,6	42,4 ± 0,3
	2	242 ± 24	39,7 ± 3,6	38,2 ± 0,3	42,6 ± 0,5
	3	252 ± 19	40,9 ± 3,5	38,1 ± 0,3	42,4 ± 0,5

Uma variação mais acentuada foi detectada entre caixas quanto à frequência respiratória no tratamento de calor, indicando que a pior condição foi encontrada na caixa 3. O fator peso manteve-se constante em todos os tratamentos (térmicos e entre caixas), sem variação ao longo da pesquisa.

Com relação aos tratamentos térmicos, foi possível observar um aumento expressivo da frequência respiratória dos pintos quando expostos ao estresse por calor,

seguido do estresse por frio (Figura 14). Segundo recomendação de Nascimento (2010), a frequência respiratória média de frangos de corte na primeira semana para a linhagem Cobb é de 48 movimentos por minuto. Isto implica que em todos os tratamentos térmicos os animais mantiveram frequência respiratória média acima do conforto, principalmente durante o calor, sendo os valores alcançados cerca de 5 vezes maiores do que o valor médio de conforto.

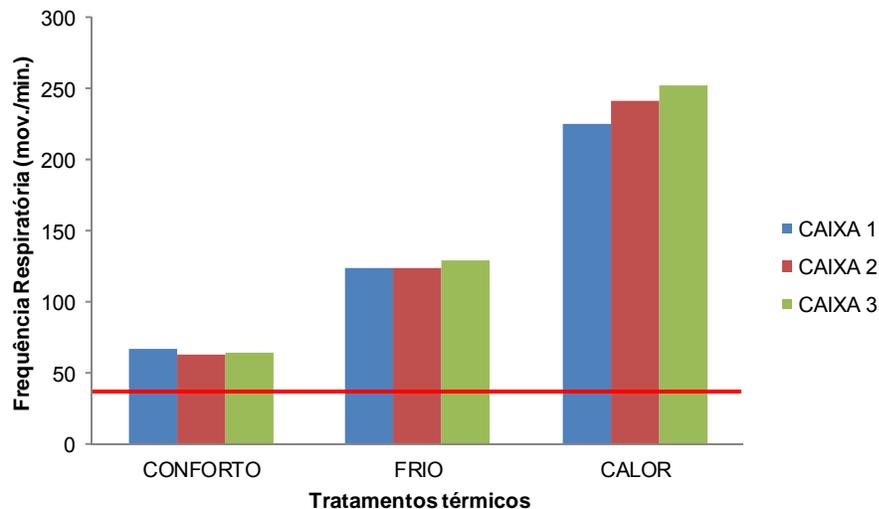


Figura 14 – Variação da frequência respiratória em relação aos tratamentos térmicos e posicionamento das caixas, sendo o valor médio de conforto representado pela linha vermelha

Com relação ao aumento da frequência respiratória no tratamento de conforto, possivelmente devido à temperatura e umidade relativa ser maior dentro de caixas de transporte (CAMARGO, 2011), isto pode ter acarretado um aumento da temperatura interna dos pintos, resultando em aumento da frequência respiratória. No entanto, de acordo com os dados da Tabela 4, a temperatura cloacal manteve-se constante e dentro da zona de conforto dos animais neste tratamento, o que evidencia a eficiência do recurso termorregulatório da evaporação respiratória para o controle térmico das aves (OLIVEIRA et al., 2006).

A temperatura superficial média dos animais durante os tratamentos de estresse por calor e conforto esteve próxima da linha de conforto ($36,6^{\circ}\text{C}$), segundo recomendação de Nascimento (2010) (Figura 15). No frio, as aves perderam mais calor, o que foi evidenciado pela diferença de $13,7^{\circ}\text{C}$ em relação ao tratamento de conforto (Tabela 4). Nota-se mais uma vez que os valores da temperatura média superficial

entre caixas foram praticamente idênticos, reforçando o indicativo de não significância entre os níveis deste tratamento.

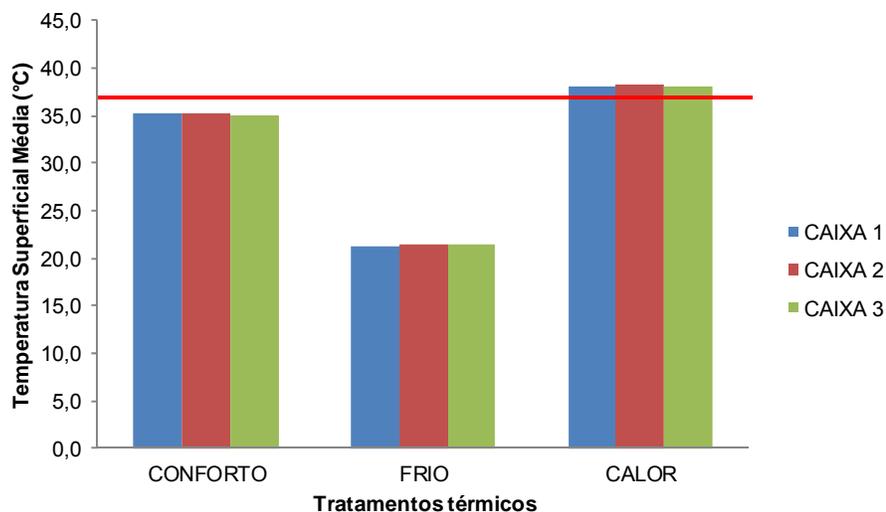


Figura 15 – Variação da temperatura superficial média em relação aos tratamentos térmicos e posicionamento das caixas, sendo o valor médio de conforto representado pela linha vermelha

No que diz respeito à variação da temperatura cloacal (Figura 16), somente o tratamento de conforto esteve na faixa de conforto térmico em torno de 41,1°C, segundo Esmay (1978), Furlan e Macari (2002) e Silva et al. (2007).

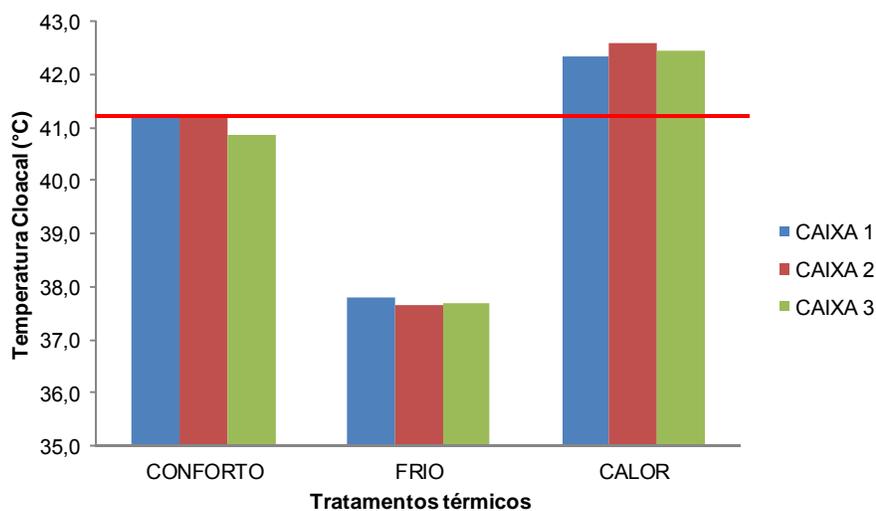


Figura 16 – Variação da temperatura cloacal em relação aos tratamentos térmicos e posicionamento das caixas, sendo o valor médio de conforto representado pela linha vermelha

A diferença entre o tratamento de estresse por frio e o conforto foi de 3,4°C, enquanto que a diferença entre o tratamento conforto e o tratamento de estresse por calor foi de 1,4°C (Tabela 4). A Figura 16 confirma também a baixa variabilidade da temperatura cloacal dos pintos entre as diferentes caixas.

Segundo a análise de variância para a variável frequência respiratória, houve interação entre os tratamentos térmicos e caixas ($p < 0,05$). Para atender os pressupostos da análise, foi necessário transformar os dados, elevando-os em 0,4, segundo o método de Box-Cox. Com isto, o modelo foi bem ajustado, com R^2 de 93% e coeficiente de variação de 5,8%, o que indica boa precisão. Os dias em que foram analisados os tratamentos separadamente foram inseridos como blocos e seu efeito significativo foi filtrado pela análise (Tabela 5). Por meio do quadrado médio (Q.M.), é possível observar que a maior variabilidade dos dados se deve aos tratamentos térmicos, o que evidencia a influência das condições térmicas na alteração da frequência respiratória dos animais o que não ocorre em relação às posições de caixas.

Tabela 5 – Análise da variância de frequência respiratória para os diferentes tratamentos (faixas térmicas e caixas)

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	p-valor
Bloco	1	0,65	0,65	3,83	
Faixas térmicas	2	777,29	388,64	2306,50	<0,0001
Caixas	2	1,59	0,80	4,73	0,0094
Faixas × Caixas	4	3,43	0,86	5,09	0,0005
Resíduo	347	58,47	0,17		

Por meio do desdobramento da interação entre os tratamentos térmicos e as caixas em relação à frequência respiratória, foi possível constatar que não houve diferença significativa entre caixas para os tratamentos conforto e frio (Tabela 6). No entanto, no tratamento calor foi observada uma diferença entre as caixas 1 e 2, bem como entre as 1 e 3. Comparando os tratamentos térmicos dentro de cada caixa, nota-se que não houve diferença ($p > 0,05$) entre o tratamento frio e calor nas caixas 1 e 2. Na caixa 3, houve diferença entre todas as combinações de tratamentos térmicos,

evidenciando também que na caixa 3 a condição mais crítica foi percebida no tratamento de estresse térmico por calor.

Tabela 6 – Valores médios da interação entre posição das caixas e faixas térmicas em relação a frequência respiratória de pintos de um dia

Caixas	Faixas térmicas		
	Conforto	Frio	Calor
1	68 bA	124 aA	225 aB
2	64 bA	124 aA	242 aA
3	65 cA	130 bA	252 aA

Médias com letras diferentes (maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas) diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Numa situação de estresse agudo por calor, um dos meios mais eficientes visando à redução da temperatura interna é o ofego, sendo que tal processo representa 75% da retirada de calor interno das aves (SILVA, 2008). Em um ambiente restrito para as trocas térmicas, como por exemplo, uma caixa de transporte, o nível de umidade relativa aumenta nestes casos, o que dificulta o processo de troca térmica (KETTLEWELL et al., 2000; OLIVEIRA et al., 2006). Isto provoca aumento da frequência respiratória e um estado de estresse que tende a aumentar se a temperatura se mantiver elevada por mais tempo. No entanto, a caixa 1 possui as laterais e a parte superior para ventilação ou troca de ar, ao contrário das caixas 2 e 3 que só possuem as laterais. Com isto, justificaram-se os valores maiores de frequência respiratória nas caixas inferiores, bem como a maior variação entre os valores de frequência respiratória nos diversos tratamentos térmicos na caixa 3. Transpondo tal informação para o transporte comercial de pintos de um dia, em um baú climatizado são 3 pilhas sobrepostas de caixas de transporte de cada lado, sendo cada pilha composta de 5 a 6 caixas e com 10 a 15 fileiras longitudinais. Com isto, as caixas inferiores podem proporcionar maior desconforto às aves em ambientes com elevadas temperaturas.

Com relação à variável peso, não houve efeito de nenhum dos fatores avaliados neste estudo ($p > 0,05$), fato este justificado pela baixa variabilidade entre os animais indicados pela tabela 4.

Segundo a análise de variância para a temperatura superficial (Tabela 7), nota-se que não houve interação entre as faixas térmicas e posição das caixas e efeito significativo de caixas ($p > 0,05$). No entanto, observou-se forte efeito de faixas térmicas na variação da temperatura superficial média ($p < 0,05$). Em suma, por meio desta resposta é possível afirmar que os tratamentos faixas térmicas e caixas atuam de forma independente para a variável temperatura superficial média.

Para atender os pressupostos da análise da temperatura superficial, foi necessário transformar os dados, elevando-os em 3, segundo o método de Box-Cox. Com isto, o modelo foi bem ajustado, com R^2 de 99% e coeficiente de variação de 4,6%, o que indica boa precisão do ajuste do modelo.

Tabela 7 – Análise da variância da temperatura superficial média para os diferentes tratamentos (faixas térmicas e caixas)

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	p-valor
Bloco	1	$1,17 \times 10^8$	$1,17 \times 10^8$	42,48	
Faixas térmicas	2	$1,32 \times 10^{11}$	$6,63 \times 10^{10}$	24049,2	<0,0001
Caixas	2	$1,38 \times 10^7$	$6,54 \times 10^6$	2,37	0,0950
Faixas × Caixas	4	$1,67 \times 10^7$	$4,17 \times 10^6$	1,51	0,1983
Resíduo	347	$9,58 \times 10^8$	$2,76 \times 10^6$		

Conforme esperado, a maior perda de “calor sensível” dos pintos de um dia foi observada no tratamento de estresse por frio, cujo gradiente de temperatura da superfície comparado com a situação de conforto alcançou $13,8^\circ\text{C}$ (Tabela 8).

Tabela 8 – Temperatura superficial média para pintos de corte submetidos às diferentes faixas térmicas

Faixas térmicas	Temperatura superficial média ($^\circ\text{C}$)
Calor	38,1 a
Conforto	35,1 b
Frio	21,3 c

Médias com letras minúsculas diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

A diferença entre o tratamento térmico de conforto e o estresse por calor foi de 3°C. Resultados similares foram encontrados por Lin et al. (2005), os quais discutiram que a temperatura superficial em tratamentos com elevada temperatura é similar à temperatura ambiente, o que explica a habilidade reduzida de pintos de corte em perder energia térmica na forma sensível sob temperaturas elevadas. De acordo com os resultados deste presente estudo, a temperatura superficial média no tratamento de estresse por calor esteve muito próximo da temperatura ambiente (aproximadamente 40°C), o que confirma os estudos anteriores. Por outro lado, o gradiente térmico entre a superfície e o ar em condição de frio se ampliou consideravelmente nesta pesquisa, devido à baixa capacidade termorregulatória de pintos de um dia e pela facilidade de perder energia térmica para um ambiente mais frio (GUSTIN, 2003).

Segundo a análise de variância para a temperatura cloacal (Tabela 9), foi observada interação entre as faixas térmicas e posição das caixas ($p > 0,05$).

Tabela 9 – Análise da variância da temperatura cloacal para os diferentes tratamentos (faixas térmicas e caixas)

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	p-valor
Bloco	1	$3,25 \times 10^{28}$	$3,25 \times 10^{28}$	228,78	
Faixas térmicas	2	$1,12 \times 10^{30}$	$5,61 \times 10^{29}$	3947,31	<0,0001
Caixas	2	$1,95 \times 10^{27}$	$9,74 \times 10^{26}$	6,86	0,0012
Faixas × Caixas	4	$4,44 \times 10^{27}$	$1,11 \times 10^{27}$	7,80	<0,0001
Resíduo	347	$4,93 \times 10^{28}$	$1,42 \times 10^{26}$		

Para atender os pressupostos da análise de normalidade dos erros, foi necessário transformar os dados de temperatura cloacal, elevando-os em 8,8, segundo o método de Box-Cox. Com isto, o modelo foi bem ajustado, com R^2 de 96% e coeficiente de variação de 8 %, o que indica boa precisão do ajuste do modelo.

Por meio do desdobramento da interação entre os tratamentos térmicos e as caixas em relação à temperatura cloacal, foi possível constatar que não houve diferença significativa entre caixas para nenhum dos tratamentos térmicos (Tabela 10).

Tabela 10 – Valores médios da interação entre posição das caixas e faixas térmicas em relação a temperatura cloacal de pintos de um dia

Caixas	Faixas térmicas		
	Conforto	Frio	Calor
1	41,2 bA	37,8 cA	42,4 aA
2	41,2 bA	37,6 cA	42,6 aA
3	40,9 bA	37,7 cA	42,4 aA

Médias com letras diferentes (maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas) diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Seguindo o mesmo padrão da temperatura superficial média, os tratamentos térmicos diferiram entre si no que diz respeito à temperatura cloacal, sendo o efeito mais notável no tratamento de estresse por frio, cujo gradiente de temperatura entre a situação de conforto e de frio foi de aproximadamente 3,2 °C. Comparando o tratamento de estresse por calor com o de conforto, a diferença foi de apenas 1,5°C. Segundo resultados anteriores para animais com 3 dias de idade, temperaturas do ar baixas como as do presente estudo forçam bastante a demanda de manutenção de temperatura dos pintos de um dia (SHINDER et al., 2007). Devido à falta de empenamento conjugada com mecanismos termorregulatórios incompletos, a temperatura cloacal tende a reduzir bruscamente ao longo do tempo de exposição a ambientes frios (DUNNINGTON; SIEGEL, 1984; LIN et al., 2005).

Com relação à mortalidade, não foi observada neste presente estudo nenhum óbito dos animais durante os tratamentos térmicos e nas diferentes caixas. Segundo Shinder et al. (2007), as aves jovens não podem manter a temperatura corporal elevada em situação de frio por mais de 90 minutos sem que haja aumento na mortalidade do lote. O tempo de duração dos tratamentos foi de 1 hora cada um, o que justifica a sobrevivência dos animais durante a pesquisa.

No geral, com base nos resultados desta etapa da pesquisa, é possível afirmar que o posicionamento das caixas não alterou profundamente o conforto térmico dos pintos de um dia. Possivelmente, o tamanho da pilha da caixa foi insuficiente para se observar o efeito na termorregulação destes animais. No entanto, a ocorrência da diferença entre as caixas 2 e 3 na frequência respiratória durante o tratamento de

estresse por calor é um indicativo de um possível efeito das caixas, o que foi observado por meio da frequência respiratória, pois devido aos diferentes microambientes com ventilação diferenciada, estes efeitos também podem ser diferenciados.

Com relação às faixas térmicas, nota-se o efeito significativo da temperatura conjugada com a umidade relativa no conforto térmico de pintos de um dia em situação de transporte. A condição de frio foi a que mais afetou as respostas fisiológicas, com destaque na temperatura superficial média e cloacal. No entanto, com o aumento do tempo de exposição, possivelmente o tratamento térmico por calor possa ter mais efeito sobre a termorregulação destes animais, indicado nesta etapa da pesquisa apenas por meio da frequência respiratória. Apesar da preocupação com pintos de um dia ser maior em relação ao estresse por frio, o estresse por calor pode causar danos na capacidade termorregulatória dos animais (DIONELLO et al., 2002). Na situação de transporte, poucas informações subsidiam o setor produtivo para a tomada de decisão quanto às condições ideais de temperatura e umidade relativa no interior dos caminhões climatizados. Mesmo assim, deve-se preocupar com os controles das temperaturas ideais. Todavia, em países de clima tropical, o controle do ambiente interno dos caminhões transportadores geralmente excede as temperaturas ótimas recomendadas, seja pela falta de um isolamento térmico na estrutura dos caminhões ou pelo controle ineficiente dos sistemas de climatização.

4.2 Etapa 2: Avaliação produtiva e fisiológica de pintos de corte submetidos à condição simulada de transporte

Com a inclusão do tratamento tempo de exposição, objetivou-se nesta etapa testar a hipótese de que existe a variação ao longo do tempo para os fatores envolvidos no transporte, conjugados com os diferentes ambientes térmicos simulados durante o presente estudo. Optou-se por retirar o fator posicionamento de caixas, pelo fato desta ter apresentado pouca contribuição nos modelos ajustados anteriormente. Para completar a condição simulada de transporte, também foi inserida nesta etapa a vibração para simular o movimento do caminhão de transporte de pintos de um dia.

4.2.1 Variáveis bioclimáticas e zootécnicas

Por meio da tabela 11, é possível observar a tendência de variação dos fatores nos tratamentos ao longo do tempo de exposição, com exceção do tratamento conforto, que se manteve constante nos intervalos de tempo para a maioria das variáveis. O peso corporal dos pintos de um dia manteve-se pouco variável nesta etapa, tal como observado no estudo anterior.

Tabela 11 – Média e desvio-padrão para as variáveis respostas: frequência respiratória (FR), peso, temperatura superficial média (TSM) e temperatura cloacal (TC) em relação aos tratamentos térmicos e tempo de exposição

Faixas	Tempo (horas)	Variáveis respostas			
		FR (mov./min.)	Peso (g)	TSM (°C)	TC (°C)
Calor	0	50 ± 5	48,1 ± 2,6	34,7 ± 0,6	40,9 ± 0,5
	3	150 ± 12	47,8 ± 4,9	39,7 ± 0,5	44,7 ± 0,4
	6	107 ± 20	45,4 ± 3,3	39,5 ± 0,5	43,9 ± 0,6
Conforto	0	53 ± 5	46,5 ± 2,6	34,7 ± 0,7	41,3 ± 0,5
	3	54 ± 6	44,5 ± 4,5	37,6 ± 0,6	42,7 ± 0,6
	6	54 ± 7	45,1 ± 3,2	37,6 ± 0,5	42,7 ± 0,8
Frio	0	48 ± 3	45,7 ± 3,2	35,1 ± 0,5	41,4 ± 0,3
	3	38 ± 5	46,8 ± 3,3	28,0 ± 1,0	39,6 ± 0,8
	6	39 ± 5	45,5 ± 3,8	27,5 ± 0,9	39,4 ± 0,3

No tratamento de calor, houve aumento expressivo nas 3 primeiras horas de estresse para as variáveis frequência respiratória, temperatura superficial média e temperatura cloacal. Nas 3 horas seguintes houve uma estabilização do quadro de estresse dos animais, mantendo-se, todavia, elevados os valores dos fatores envolvidos com a termorregulação. No conforto, apesar da pouca variabilidade esperada ao longo do tempo, houve alteração nas 3 primeiras horas, sendo observada a diferença de aproximadamente 1,5°C na temperatura cloacal entre os tempos 0 e 3 horas. No tratamento de estresse por frio, tal como na etapa anterior, a maior variação ocorreu

com a temperatura superficial média, o que resultou na diferença entre os tempos 0 e 3 de 7,1°C.

No que diz respeito à variabilidade de cada fator analisado nos respectivos tratamentos, a figura 17 ilustra o diagrama de caixas dentro de cada conjunto de tratamentos (tempo versus faixas térmicas). Quanto à frequência respiratória, nota-se que depois de 6 horas de exposição ao calor, a variabilidade e a assimetria aumentaram consideravelmente em relação aos demais horários.

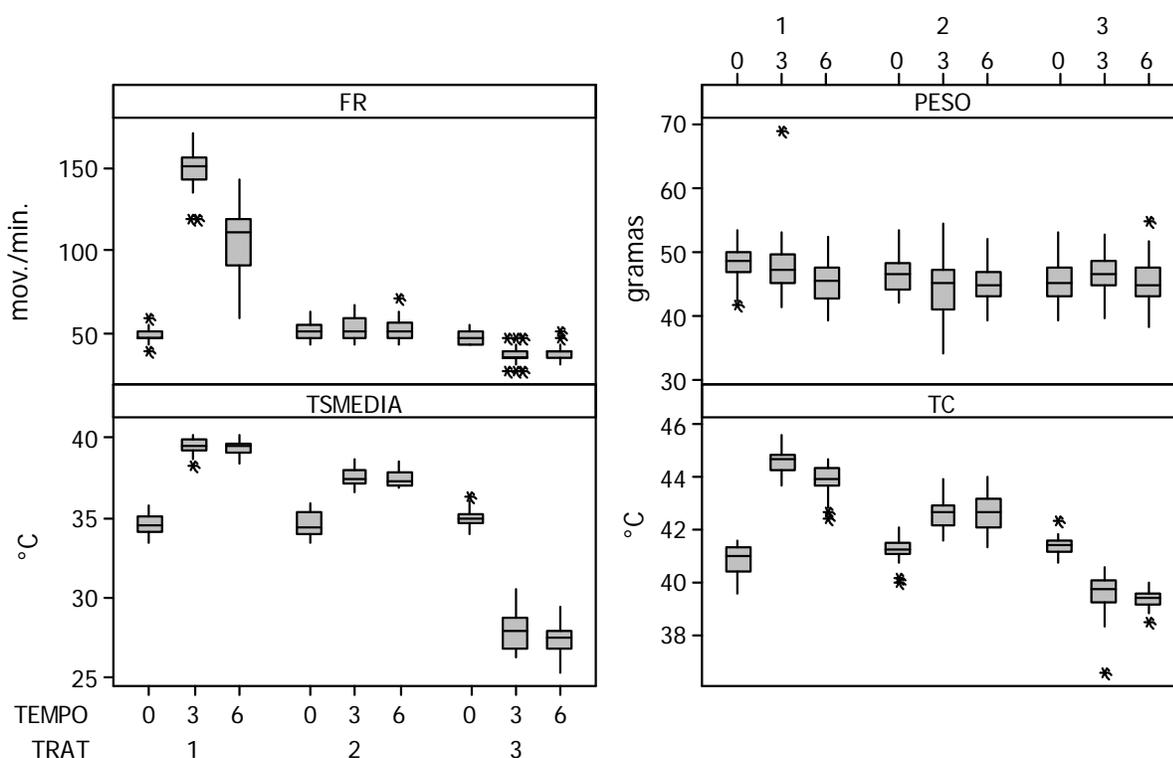


Figura 17 – Diagrama de caixas (*boxplot*) para as variáveis respostas (frequência respiratória – FR; temperatura superficial média - TSMEDIA; peso; temperatura cloacal – TC) em relação aos tratamentos térmicos (TRAT: 1 – Calor; 2 – Conforto; 3 – Frio) e os intervalos de tempo (TEMPO, em horas)

Isso se deve à subjetividade da medida, que é a observação dos movimentos abdominais do animal na faixa de 15 segundos (posteriormente tal valor é multiplicado por 4 para se ter a unidade em movimentos por minuto). No calor, os animais vocalizaram muito, o que diminuiu a precisão da aferição desta variável. Como no tempo 6 horas estes animais estavam no pico máximo de estresse, o que alterou a

variabilidade da frequência respiratória. O peso mostrou-se bastante homogêneo na combinação de tratamentos, o que indica um efeito não significativo dos tratamentos nesta variável. Houve também um pequeno aumento na variação da temperatura cloacal após 6 horas de tratamento. Este efeito pode ser explicado pela variação da irreversibilidade da hipertermia dos pintos. Neste intervalo de tempo, alguns animais ainda conseguiam realizar a termorregulação. No entanto, para muitos outros animais, o ofego foi insuficiente depois de certo tempo para manter a temperatura interna constante, o que se refletiu em aumento da temperatura cloacal ao longo do tempo.

Apesar das caixas não terem sido avaliadas nesta etapa da pesquisa, a tabela 12 evidencia a diferença de temperatura no interior das caixas de transporte em relação ao ambiente da câmara climática. Esta informação é importante para o entendimento da condição térmica à qual os pintos de um dia são expostos durante o transporte.

Tabela 12 – Valores médios de temperatura (Tbs) e umidade relativa (UR) e os respectivos gradientes de temperatura (ΔT) entre o interior das caixas e o ambiente da câmara climática

Faixas	Caixas								
	Superior			Meio			Inferior		
	Tbs (°C)	UR (%)	ΔT (°C)	Tbs (°C)	UR (%)	ΔT (°C)	Tbs (°C)	UR (%)	ΔT (°C)
Calor	38,0	64	0,7	38,3	64	1,0	38,5	69	1,2
Conforto	34,8	58	0,7	35,7	58	1,6	35,5	59	1,4
Frio	20,1	63	2,9	17,1	77	- 0,1	23,4	57	6,2

Mesmo na situação de conforto térmico, o ambiente interno das caixas de transporte apresentou diferenças de até 1,6°C em relação ao ambiente externo. Se os parâmetros de um ambiente controlado não são ajustados levando-se em consideração este gradiente de temperatura, os animais podem ser transportados em situação de hipotermia ou hipertermia. Tal constatação é confirmada quando se observa o gradiente de temperatura no tratamento calor, sendo na caixa inferior em torno de 1,2°C de diferença e no tratamento de estresse por frio, nesta mesma caixa, o gradiente foi de 6,2°C. Resultados similares foram encontrados por Camargo (2011), o qual reportou

que os pintos de um dia foram transportados com temperatura média, no interior das caixas, em torno de 29,4°C, sendo o gradiente entre o microclima das caixas e o ambiente do caminhão climatizado em torno de 4,7°C. A temperatura das caixas esteve na linha crítica inferior (30°C), conforme Macari e Furlan (2001).

Com relação aos tratamentos térmicos, foi possível observar um aumento expressivo da frequência respiratória dos pintos quando expostos ao estresse por calor, após 3 horas de exposição ao ambiente térmico da câmara climática, seguido de uma queda brusca após 6 horas de estresse (Figura 18).

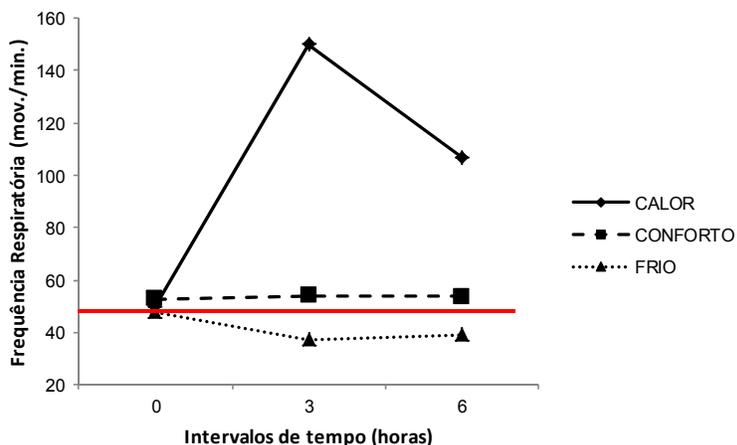


Figura 18 – Variação da frequência respiratória em relação aos tratamentos térmicos e intervalos de tempo de exposição, sendo o valor médio de conforto representado pela linha vermelha

Segundo recomendação de Nascimento (2010), a frequência respiratória média de frangos de corte na primeira semana para a linhagem Cobb é de 48 movimentos por minuto. Assim, os tratamentos conforto e frio estiveram próximos à frequência respiratória de conforto, com uma pequena queda no frio após 3 horas de exposição. No entanto, no mesmo intervalo de tempo, a diferença entre a linha de conforto e o tratamento calor foi de 102 movimentos por minuto. Este efeito pode indicar um distúrbio fisiológico que tem como consequência a redução da frequência respiratória.

Seguindo a mesma tendência da etapa anterior, a variação mais crítica da temperatura superficial ocorreu durante o tratamento frio, principalmente após 3 horas de exposição (Figura 19).

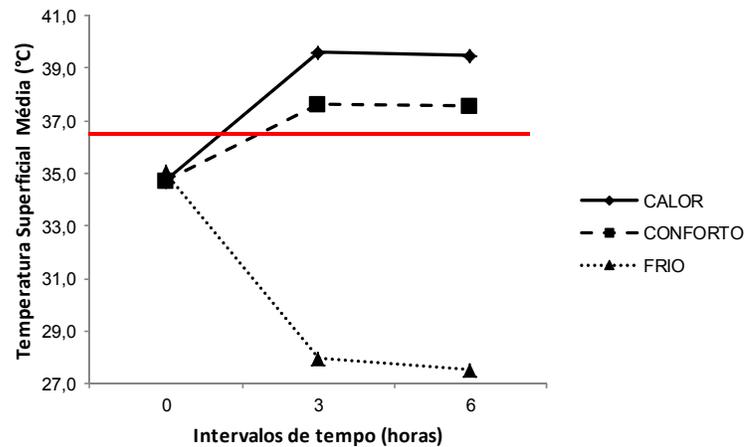


Figura 19 – Variação da temperatura superficial média em relação aos tratamentos térmicos e intervalos de tempo de exposição, sendo o valor médio de conforto representado pela linha vermelha

Nesta faixa de temperatura, a diferença entre a linha de conforto recomendada por Nascimento (2010) (36,6°C) e a média após 3 horas de exposição ao frio foi de 8,6°C. No calor, esta diferença foi menor, ou seja, em torno de 3,1°C. Com relação ao frio, tal como na etapa anterior, isto mostra a susceptibilidade dos pintos de um dia a temperaturas menores. No entanto, os resultados reforçam a influência do fator tempo na variação da perda de “calor” na forma sensível.

A figura 20 ilustra a variação da temperatura cloacal nos diferentes tratamentos e evidencia o forte aumento após 3 horas durante o tratamento calor, seguido da situação de conforto.

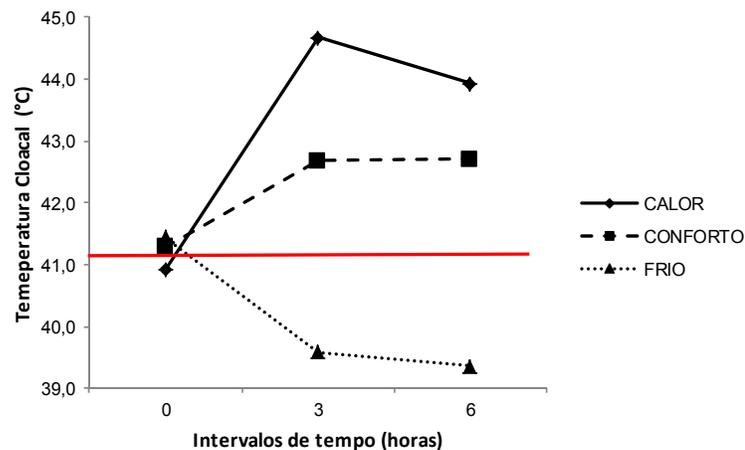


Figura 20 – Variação da temperatura cloacal em relação aos tratamentos térmicos e intervalos de tempo de exposição, sendo o valor médio de conforto representado pela linha vermelha

Mesmo na situação de conforto, houve um aumento da temperatura cloacal em aproximadamente 1°C, seguido de estabilização na curva após 6 horas. Durante o tratamento por frio, a temperatura cloacal reduziu aproximadamente 1,7°C em relação à linha de conforto (41,1°C), segundo Macari e Furlan (2001). No calor, as aves ultrapassaram em 3°C a linha de conforto, o que indica um possível quadro de hipertermia aguda, a partir da qual se observou aumento expressivo na mortalidade (Tabela 13).

Tabela 13 – Número de pintos mortos (% por caixa) ao longo do tempo nas respectivas caixas em cada tratamento térmico em câmara climática

Faixas	Calor			Conforto			Frio		
	0	3	6	0	3	6	0	3	6
Caixa 1	0	1 (1%)	0	0	0	0	0	0	0
Caixa 2	0	9 (9%)	5 (6%)	0	0	0	0	0	0
Caixa 3	0	18 (18%)	16 (20%)	0	1 (1%)	0	0	0	0

No tratamento de estresse por calor, foram registradas ao todo 49 mortes, sendo o maior número concentrado após 3 horas de exposição ao ambiente térmico (28 mortes), bem como na caixa 3 (34 mortes). Em contrapartida, foi registrado apenas um animal morto no tratamento conforto. O mesmo comportamento foi observado no dia seguinte ao estresse (Tabela 14), sendo registrados 27 pintinhos mortos dentre os animais submetidos ao estresse por calor.

Tabela 14 – Número de pintos mortos (% por caixa) no dia seguinte ao teste em câmara climática, com relação às faixas térmicas e às caixas

Caixas	Faixas térmicas		
	Calor	Conforto	Frio
1	4 (4%)	1 (1%)	2 (2%)
2	9 (11%)	0	1 (1%)
3	14 (21%)	0	0

Em condição simulada de transporte, Silva et al. (2007) relataram que iniciou um aumento de mortalidade a partir da temperatura cloacal de 46,3°C. Como os pintos de um dia não têm mecanismos termorregulatórios desenvolvidos, eles se tornam mais vulneráveis ao ambiente térmico de estresse, ultrapassando facilmente à zona de irreversibilidade do estresse térmico, o que acarreta aumento na mortalidade.

Segundo a análise de variância para a variável frequência respiratória, houve interação entre os tratamentos térmicos e intervalos de tempo ($p < 0,05$) (Tabela 15). O modelo geral foi bem ajustado, com R^2 de 94% e coeficiente de variação de 13,6%, o que indica boa precisão. A interação foi fortemente significativa, seguidos pelos fatores individuais, mostrando forte relação entre faixas térmicas e tempo para esta variável.

Tabela 15 – Análise da variância da frequência respiratória para os diferentes tratamentos (faixas térmicas e intervalos de tempo)

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	p-valor
Faixas térmicas	2	186272,36	93136,18	1167,96	<0,0001
Tempo	2	41430,76	20715,38	259,78	<0,0001
Faixas × Tempo	4	111910,76	27977,69	350,85	<0,0001
Resíduo	261	20812,80	79,74		

Por meio do desdobramento da interação, nota-se que no calor, houve um aumento significativo após 3 horas, seguido de uma redução brusca, enquanto no frio, nos tempos 3 e 6 a frequência se manteve constante (Tabela 16).

Tabela 16 – Valores médios da interação entre intervalos de tempo e faixas térmicas em relação a frequência respiratória de pintos de um dia

Intervalos de tempo	Faixas térmicas		
	Calor	Conforto	Frio
0	50 aC	51 aA	48 aA
3	150 aA	54 bA	38 cB
6	107 aB	54 bA	39 cB

Médias com letras diferentes (maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas) diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

A frequência respiratória das aves é mais alterada quando elas enfrentam uma situação de estresse por calor, o que força o mecanismo de perda de calor por evaporação respiratória. No entanto, de acordo com o aumento da intensidade do estresse em função do tempo, o ofego deixa de ser um processo eficiente por não conseguir manter a temperatura interna dentro dos limites fisiológicos de estresse. Segundo Dawson e Whittow (2000), à medida que a temperatura interna da ave se eleva, a frequência respiratória também aumenta até alcançar um ponto máximo, a partir do qual se observa um declínio (Figura 18). Segundo os mesmos autores, essa redução brusca é um efeito da alcalose respiratória, provocado pela hipocapnia (redução do nível sanguíneo do dióxido de carbono) que causa vasoconstrição, o que reduz o nível de oxigênio no sangue (hipóxia). O resultado é a redução da hiperventilação pulmonar provocada pelo ofego, seguido de aumento da mortalidade no lote devido à irreversibilidade do processo de desequilíbrio ácido-base. No entanto, considerando que boa parte dos animais sobreviveu ao tratamento calor, outra possível explicação para esta variação da frequência respiratória refere-se à aclimatação, que será discutida posteriormente por meio da análise da temperatura cloacal.

Para o peso corporal dos animais, não houve ajuste significativo da ANOVA para esta variável ($p > 0,05$), com pouca variabilidade dentro dos tratamentos.

De acordo com a análise de variância ajustada para a temperatura superficial média (Tabela 17), houve interação entre faixas térmicas e intervalos de tempo, com R^2 em torno de 97% e coeficiente de variação de 1,92%, indicando elevada precisão.

Tabela 17 – Análise da variância da temperatura superficial média para os diferentes tratamentos (faixas térmicas e intervalos de tempo)

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	p-valor
Faixas térmicas	2	3094,1	1547,06	3439,69	<0,0001
Tempo	2	3,01	1,52	3,35	0,0368
Faixas × Tempo	4	1695,16	423,79	942,24	<0,0001
Resíduo	261	117,38	0,45		

De acordo com o desdobramento da interação apresentado na tabela 18, é possível observar alteração significativa após 3 horas de estresse para todas as faixas térmicas. No entanto, a alteração entre os tempos 3 e 6 não foi significativa. Apesar da diferença entre o tempo 0 e os demais horários na situação de conforto, o aumento foi suave, comparado ao tratamento de frio, que registrou a maior diferença entre a situação controle e 3 horas após a exposição ao ambiente.

Tabela 18 – Valores médios da interação entre intervalos de tempo e faixas térmicas em relação a temperatura superficial média de pintos de um dia

Intervalos de tempo	Faixas térmicas		
	Calor	Conforto	Frio
0	34,7 aB	34,7 aB	35,0 aA
3	39,6 aA	37,6 bA	28,0 cB
6	39,4 aA	37,6 bA	27,5 cB

Médias com letras diferentes (maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas) diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Durante a situação de frio, a temperatura superficial das áreas sem isolamento térmico das aves decresce com a redução da temperatura ambiente (ESMAY, 1978). Isto explica o rápido decréscimo entre o tempo 0 e 3 horas evidenciados na Tabela 18 e Figura 19. No entanto, o efeito não significativo entre o tempo 3 e 6 horas pode ser explicado pelo comportamento de ajuntamento, o que reduz substancialmente a perda de “calor sensível” para o ambiente. No calor, com o aumento da temperatura, as aves tentam dissipar a energia térmica por meios sensíveis (condução, convecção e radiação). No entanto, quando a temperatura ambiente se aproxima da temperatura corporal das aves, que nesta situação se encontra entre 41 e 43,5°C, a eficiência dos meios sensíveis de troca térmica é reduzida e com isto, as aves recorrem ao mecanismo de resfriamento evaporativo respiratório (ofego) (MOURA, 2001). Isto explica a estabilização da temperatura superficial entre 3 e 6 horas neste presente estudo.

Segundo a análise de variância para a temperatura cloacal (Tabela 19), foi observada interação entre as faixas térmicas e intervalos de tempo ($p>0,05$).

Tabela 19 – Análise da variância da temperatura cloacal para os diferentes tratamentos (faixas térmicas e intervalos de tempo)

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	p-valor
Faixas térmicas	2	436,47	218,23	704,40	<0,0001
Tempo	2	57,25	28,62	92,39	<0,0001
Faixas × Tempo	4	297,38	74,35	23,97	<0,0001
Resíduo	261	80,86	0,309		

O modelo geral foi bem ajustado, com R^2 de 90% e coeficiente de variação de 1,3%, o que também indica boa precisão. A interação foi fortemente significativa, seguida pelos fatores individuais, mostrando forte relação entre faixas térmicas e tempo para a temperatura cloacal.

Por meio do desdobramento da interação entre os tratamentos térmicos e os intervalos de tempo em relação à temperatura cloacal, foi possível constatar que houve diferença significativa entre caixas em todos os tratamentos. Durante o tratamento de estresse por frio e conforto não foram registradas diferenças entre os intervalos de tempo 3 e 6 (Tabela 20).

Tabela 20 – Valores médios da interação entre intervalos de tempo e faixas térmicas em relação à temperatura cloacal de pintos de um dia

Intervalos de tempo	Faixas térmicas		
	Calor	Conforto	Frio
0	40,9 aC	41,3 aB	41,4 aA
3	44,7 aA	42,7 bA	39,6 cB
6	43,9 aB	42,7 bA	39,4 cB

Médias com letras diferentes (maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas) diferem entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$)

A variação da temperatura cloacal foi muito similar à temperatura superficial média, o que é esperado, pois os indicadores de mecanismos termorregulatórios do organismo variam segundo a temperatura interna. No que diz respeito ao tratamento calor, a temperatura cloacal alcançou 44°C após 6 horas de exposição, o que indica um quadro severo de estresse para os animais. No frio, pouca alteração foi observada ao longo do tempo, o que é justificado pelo comportamento dos animais de se aglomerarem. Isto aumenta as chances de manter a temperatura interior em níveis de homeostase do organismo animal. Outro efeito importante observado no tratamento calor entre os tempos 3 e 6 horas refere-se à diminuição da temperatura cloacal para os animais avaliados (Figura 20). Segundo Dawson e Whittow (2000), a aclimatação consiste na modificação das respostas fisiológicas por meio da indução em laboratório por controle de fatores bioclimáticos específicos. Os mesmos autores evidenciaram que esta resposta adaptativa ao estresse ao longo do tempo é caracterizada por um aumento inicial na temperatura corporal, seguida de um declínio. Desta forma, tanto a variação da temperatura cloacal quanto a variação da frequência respiratória podem ser explicadas por esta adaptação dos pintos, como também um processo irreversível de hipertermia, ocasionando a elevada mortalidade evidenciada nas Tabelas 13 e 14.

4.2.2 Expressão gênica da HSP70

Para confirmar as respostas obtidas por meio das demais variáveis fisiológicas, a expressão gênica da proteína HSP70 foi estudada. Foram realizados diversos procedimentos laboratoriais visando qualificar esta expressão, conforme evidenciado a seguir.

Os resultados das amostras em gel de agarose foram de acordo com os resultados de Yahav et al. (1997), sendo o produto amplificado detectado considerado em quantidade razoável para a análise da expressão gênica da HSP70 (Figura 21).

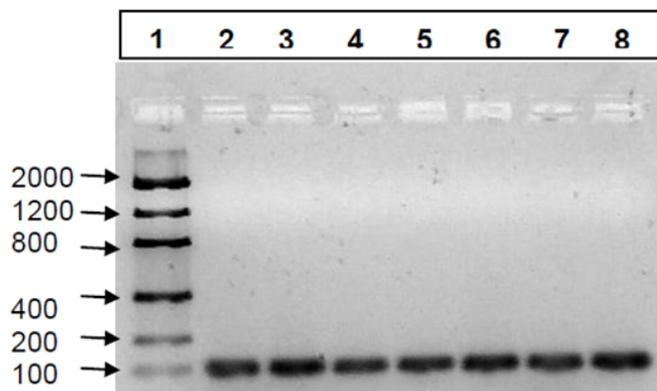


Figura 21 – Gel de agarose 1,5% corado com GelRed, sendo : 1 - padrão Low DNA Mass Ladder; 2 a 8 - amostras de produtos amplificados do gene HSP70 (101 pb)

Por meio da Figura 22, é possível verificar a curva de *melting* para o HSP70, que é definida quando a curva atinge o seu platô. Nesta avaliação, o gene da proteína HSP70 apresentou amplificação específica a 86°C.

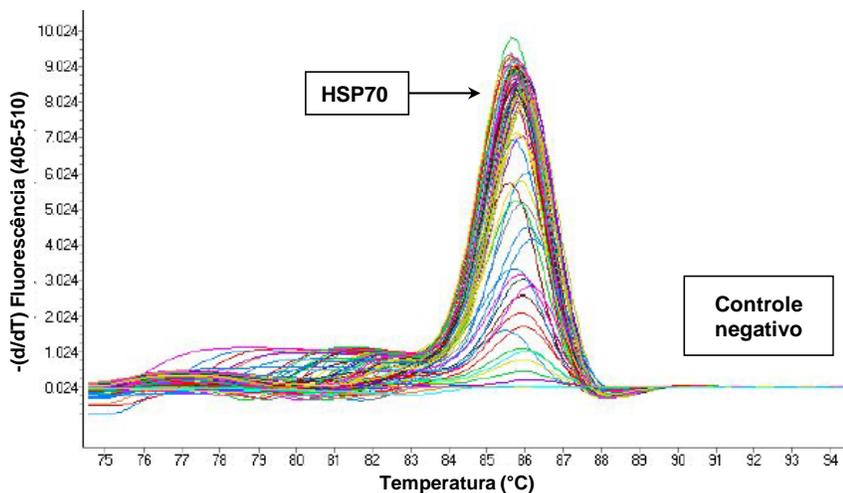


Figura 22 – Curva de *Melting* do gene HSP70

Para que a PCR em tempo real seja confiável e reproduzível, as amplificações devem apresentar próximo de 100% de eficiência a cada ciclo de reação. Esse valor varia de 1,0 (valor mínimo) e 2,0 (valor máximo e ótimo), indicando a duplicação da região de interesse a cada ciclo de amplificação e correspondendo a 100% de eficiência (MEIJERINK et al., 2001; PFAFFL, 2001). Neste estudo, os genes apresentaram eficiência de 1,99 (Figura 23).

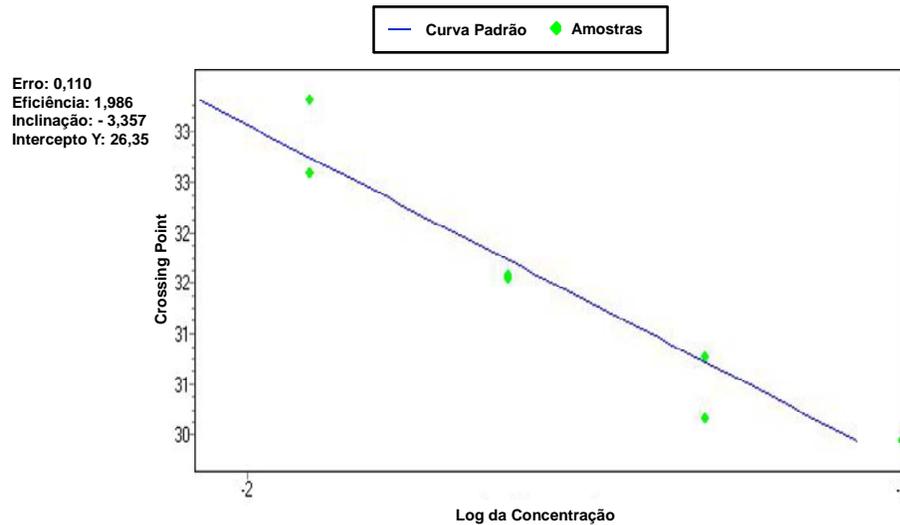


Figura 23 – Curva de diluição gerada pela HSP70

Por meio da reação no PCR em tempo real quantitativo, obteve-se o valor Ct relativo à concentração de cDNA de cada amostra. O Ct (*threshold cycle*) refere-se ao ciclo de PCR no qual a amostra atingiu a fluorescência acima do nível inicial. Ou seja, quanto maior a expressão do gene, mais cedo ocorrerá a detecção por meio da fluorescência e com isto, menor será o valor de Ct (PFAFFL, 2001; MARCHESIN, 2008). Com isto, a medida avaliada por meio dos modelos mistos foi o Ct da expressão gênica da HSP70.

Após a normalização dos dados com os genes referências (EEF1 e MRPS27) com a análise de variância, realizada nos experimentos de conforto e estresse por calor, foi possível observar que houve aumento de expressão do gene HSP70 durante o tempo de exposição. Porém, no conforto houve efeito sugestivo do tempo sobre o Ct ($P < 0,1$). Já no estresse por calor, o tempo teve um efeito altamente significativo ($P < 0,0001$) sobre o aumento da expressão gênica. Em relação à posição das caixas, não houve diferença de expressão gênica, portanto a variável foi desconsiderada.

Ao realizar o Teste de Tukey-Kramer dentro da variável tempo, no experimento de estresse por calor, foi possível observar que houve uma diferença significativa nos tempos 3 e 6 horas em relação ao tempo 0. Porém não houve diferença significativa entre 3 e 6 horas (Tabela 21).

Tabela 21 – Análise de Tukey-Kramer para avaliar a diferença entre intervalos de tempo de exposição na expressão do gene HSP70

Comparação entre tempos (horas)		Estimativa	Erro padrão	G.L.	Valor t	p-valor
0	3	5,19	1,12	38	4,62	0,0001
0	6	6,19	1,10	38	5,61	< 0,0001
3	6	1,00	1,10	38	0,91	0,6391

Na pesquisa relacionada ao estresse por calor, os resultados estão de acordo com as respostas encontradas por meio da frequência respiratória, temperatura superficial média e temperatura cloacal. Ou seja, entre os tempos 3 e 6 horas não houve aumento expressivo da expressão gênica, possivelmente devido a um mecanismo adaptativo ao estresse das aves, conforme explicado anteriormente. Todavia, nota-se um aumento significativo da expressão gênica da HSP70 quando comparados os dois tempos com o tempo 0. Estas evidências contradizem os resultados obtidos por Yahav et al. (1997) e posteriormente por Dionello et al. (2002), os quais concluíram que não houve resposta da expressão gênica da HSP70 que representasse um mecanismo adaptativo ao estresse térmico. No entanto, as faixas de temperatura e tempos de exposição dos autores foram diferentes destas faixas utilizadas neste estudo.

Já no conforto, as variáveis fisiológicas mostraram os mesmos resultados, ou seja, os tempos 3 e 6 maiores que o tempo zero e sem diferença significativa entre eles ($p > 0,05$). No entanto, a expressão do gene HSP70 não segue este aumento no decorrer do tempo de exposição ao tratamento de conforto. Isso era esperado, já que este gene tem sua expressão em condições adversas de estresse térmico por calor.

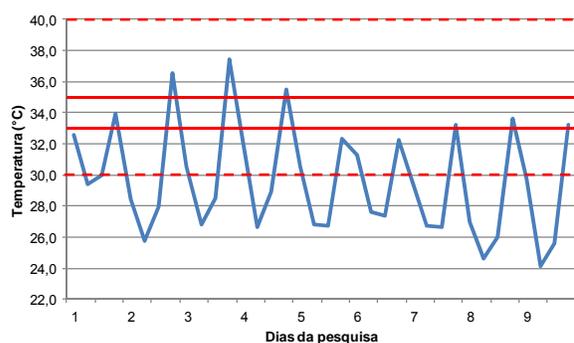
Normalmente, a preocupação com o estresse térmico por altas temperaturas é maior no transporte de frangos adultos, sendo que a preocupação prática nos primeiros dias de vida do frango é com as temperaturas menores. Os resultados desta etapa evidenciaram que também os efeitos do estresse térmico por calor são preocupantes. Também foi possível observar a influência do tempo, em que grandes variações para a maioria das variáveis respostas foram ocasionadas após 3 horas de exposição.

4.3 Etapa 3: Avaliação produtiva e fisiológica de pintos de corte submetidos à condição simulada de transporte

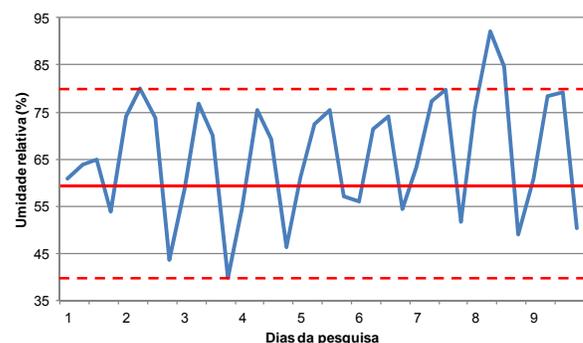
Nesta etapa, as caixas que foram pesquisadas na etapa 2, nos diferentes tratamentos térmicos, foram avaliadas ao longo de 7 dias de criação em um galpão experimental. Nesta etapa, objetivou-se comparar o posicionamento das caixas de transporte com os tratamentos térmicos durante a primeira semana de vida dos pintos. Ou seja, foi observado o reflexo do ambiente simulado de transporte no desenvolvimento destes animais na primeira semana de criação.

4.3.1 Caracterização bioclimática do ambiente de criação

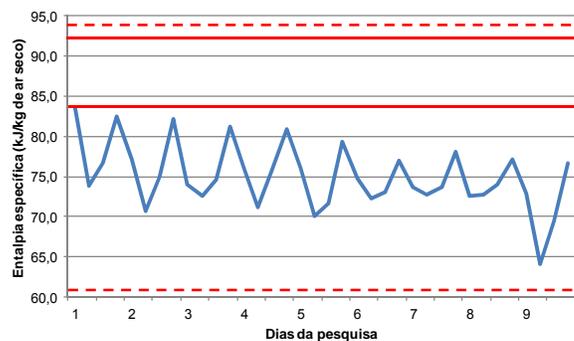
A figura 24 ilustra a variação da temperatura, umidade relativa e entalpia específica ao longo do período experimental. Considerando as faixas de conforto e a zona crítica de temperatura e umidade relativa para pintos na primeira semana, segundo diversos autores (ESMAY, 1978; MACARI; FURLAN, 2001; CORDEIRO et al., 2010), na maioria dos dias as temperaturas estiveram fora da zona de conforto e da zona crítica inferior e superior. Em termos de umidade relativa, foi observada uma grande variação em torno da faixa de conforto (60%). No entanto, considerando o limite crítico superior e inferior, de acordo com Barbosa Filho et al. (2007), e ajustado pela equação proposta por Rodrigues et al. (2011), os valores obtidos estiveram dentro destes limites na maior parte dos dias.



(a)



(b)



(c)

Figura 24 – Faixas limites crítica inferior e superior (linha tracejada) e faixas ótimas (linha contínua) das variáveis: temperatura (a), umidade relativa (b) e entalpia específica (c) para pintos de corte na primeira semana e as respectivas médias diárias no galpão

Sumarizando estes valores (temperatura e umidade relativa) em termos de entalpia específica, nota-se que, apesar dos valores terem sido fora da faixa de conforto, na maior parte dos dias a entalpia esteve dentro dos limites críticos. Tais resultados corroboram Malheiros et al. (2000), os quais afirmaram que entre os animais criados em temperaturas de 35 e 25°C não houve diferença no ganho de peso diário. Ou seja, nestas faixas térmicas, os animais conseguem manter sua termorregulação e, conseqüentemente, a homeotermia mesmo em faixas fora da zona de conforto (entre 32 e 35°C).

4.3.2 Avaliação zootécnica

4.3.2.1 Mortalidade

No que diz respeito à variação da mortalidade ao longo dos 7 dias avaliados, nota-se que no tratamento de estresse por calor houve maior mortalidade no primeiro dia, comparado com os demais tratamentos. Nos demais dias, houve diminuição da ocorrência de mortes. O tratamento conforto registrou a menor mortalidade do lote nos dias avaliados, seguido do tratamento por frio (Tabela 22).

Tabela 22 – Número de pintos mortos (% por *box*) ao longo da primeira semana, com relação às faixas térmicas e às caixas após 6 horas de exposição

Faixas	Calor			Conforto			Frio		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Caixa	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Dia 1	4 (4%)	9 (11%)	14 (21%)	1 (1%)	0	0	2(2%)	1 (1%)	0
Dia 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dia 3	0	0	0	0	0	0	1 (1%)	0	1 (1%)
Dia 4	0	0	0	0	0	0	4 (4%)	0	2 (2%)
Dia 5	0	1 (1%)	0	0	0	0	0	0	0
Dia 6	0	0	1 (2%)	0	0	0	0	0	0
Dia 7	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Por meio dos resultados acima, é possível afirmar que o estresse por calor ainda gerou elevada mortalidade após o teste em câmara climática. Os pintos de um dia possuem seus mecanismos de regulação de temperatura ainda imaturos, sendo mais dependentes da temperatura externa para o seu conforto (DUNNINGTON; SIEGEL, 1984; GUSTIN, 2003). Com isso, temperaturas elevadas ocasionam no animal intenso consumo das reservas energéticas, desidratação e aumento da mortalidade. Por isso, após 6 horas de exposição ao estresse, parte dos animais que sobreviveram não conseguiu retornar ao estado de equilíbrio fisiológico, vindo a óbito no dia seguinte. A outra parte se aclimatou neste processo e sobreviveu, prosseguindo no desenvolvimento nos demais dias. Com relação ao frio, devido à temperatura no interior da caixa ser maior e durante o tempo os animais se aglomerarem para se protegerem da baixa temperatura, a mortalidade foi nula durante o experimento. No entanto, sabe-se que a redução da temperatura nesta fase inicial pode provocar diversos distúrbios metabólicos, dentre eles a hipertensão pulmonar e aumento da atividade tiroideana, seguidos de aumento de mortalidade (ROSÁRIO et al., 2004). Estes distúrbios ocorrem ao longo do tempo, e isso pode explicar a posterior mortalidade para os animais que foram estressados por frio. Além disso, a caixa que ficou mais exposta ao frio (superior) foi a que apresentou maior mortalidade comparada com as demais.

4.3.2.2 Peso corporal

De acordo com a tabela 23, os animais que foram mantidos no tratamento estresse por calor apresentaram menor peso ao final dos 7 dias de criação, comparado com os animais dos demais tratamentos.

Tabela 23 – Média e desvio padrão do peso corporal ao longo da primeira semana de criação em função das faixas térmicas, comparadas ao peso da linhagem Cobb 500

Idade	Peso Cobb	Faixas térmicas		
		Calor	Conforto	Frio
1	52	50,0 ± 5,0	50,0 ± 3,9	52,9 ± 4,2
2	64	55,7 ± 4,7	55,9 ± 5,1	60,4 ± 4,9
3	78	63,4 ± 5,8	70,2 ± 8,1	70,9 ± 6,3
4	95	79,8 ± 9,8	81,9 ± 10,5	87,3 ± 7,8
5	115	96,3 ± 11,8	98,1 ± 9,5	102,7 ± 11,1
6	138	110,0 ± 15,9	110,5 ± 17,9	120,1 ± 12,8
7	164	124,1 ± 16,5	135,0 ± 20,7	137,7 ± 18,9

Pintos de um dia que foram estressados por calor apresentam redução no consumo alimentar e atraso no crescimento (MICKELBERRY et al., 1966). Até o 3° dia, os pintos possuem uma reserva de energia no saco vitelínico residual e, a partir do 4° dia, as diferenças provocadas pela temperatura começam a ser percebidas (MACARI; FURLAN, 2001).

Os resultados do presente estudo corroboram tais afirmativas, pois, até o 3° dia, pouca diferença foi percebida entre os tratamentos. No entanto, a partir do 3° dia, a diferença dos animais que foram mantidos sob estresse por calor em relação aos demais tratamentos alcançou 10 gramas ao final dos 7 dias, em função deste atraso no crescimento dos animais (Figura 25a). Com relação à posição das caixas, pouca diferença entre os tratamentos foi registrada durante o estudo (Figura 25b).

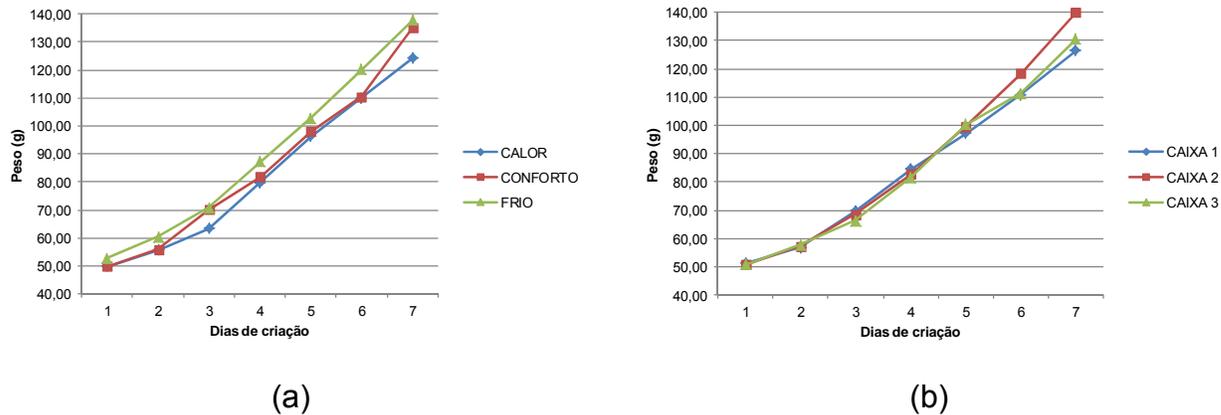


Figura 25 – Variação do peso ao longo dos dias de criação em função das faixas térmicas (a) e posição das caixas (b)

Analisando inicialmente a interação entre idades, posição das caixas e tratamentos térmicos para confirmar a partir de qual idade foi possível observar a interação entre os tratamentos, não foram encontradas diferenças entre os tratamentos no primeiro, segundo e terceiro dias (p -valores de 0,95, 0,75 e 0,11, respectivamente). Com exceção do 5º dia, que também não apresentou diferença significativa ($p > 0,05$), nos demais dias houve interação entre posicionamento das bandejas e tratamentos térmicos.

No 4º dia, apenas na terceira caixa foi registrada diferença de peso entre os diferentes tratamentos térmicos, sendo que o peso dos animais que foram submetidos ao estresse por calor foi o menor comparado aos demais tratamentos (Tabela 24).

Tabela 24 – Valores médios da interação entre posição das caixas e faixas térmicas em relação a peso de pintos de corte no 4º dia

Caixas	Faixas térmicas		
	Calor	Conforto	Frio
1	84,9 aA	80,1 aA	88,8 aA
2	82,2 aA	79,6 aA	86,3 aA
3	72,3 bA	85,5 aA	86,7 aA

Médias com letras diferentes (maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas) diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Na mesma caixa, não foram encontradas diferenças significativas ($p < 0,05$) entre o tratamento por frio e conforto. Dentro de cada tratamento, não houve efeito significativo de caixas dentro de cada tratamento térmico.

No 6° dia, o efeito da caixa 3 repetiu-se nos animais dos 3 tratamentos térmicos, sem efeito significativo entre conforto e calor, bem como entre conforto e frio (Tabela 25).

Tabela 25 – Valores médios da interação entre posição das caixas e faixas térmicas em relação a peso de pintos de corte no 6° dia

Caixas	Faixas térmicas		
	Calor	Conforto	Frio
1	121,9 aA	94,87 bB	115,7 aA
2	110,5 aAB	123,1 aA	121,6 aA
3	97,5 bB	113,4 abA	122,9 aA

Médias com letras diferentes (maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas) diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Os animais que sofreram estresse por frio na primeira caixa apresentaram o menor peso, juntamente com os animais do tratamento calor. Houve também efeito significativo. Além disso, houve diferença entre as caixas 1 e 3 no tratamento calor e entre a primeira caixa e as duas últimas caixas no tratamento conforto.

No 7° dia, apesar da diferença numérica de peso entre o tratamento calor e demais tratamentos dentro de cada nível de caixas, houve diferença significativa apenas entre o tratamento calor e conforto. Também não foi observado nesta idade efeito de caixas dentro de cada tratamento. Por meio destes resultados, foi possível observar que apesar da falta de significância estatística entre os tratamentos, houve uma redução de peso entre os animais provenientes do tratamento calor (Tabela 26).

Tabela 26 – Valores médios da interação entre posição das caixas e faixas térmicas em relação a peso de pintos de corte no 7º dia

Caixas	Faixas térmicas		
	Calor	Conforto	Frio
1	127,6 aA	118,0 aA	133,6 aA
2	127,2 aA	153,1 baBA	139,4 aA
3	117,6 aA	133,9 aA	140,0 aA

Médias com letras diferentes (maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas) diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Tais resultados foram similares aos encontrados por Dionello et al. (2002), os quais não encontraram diferença de peso entre os animais que foram estressados por calor (entre 35 e 37°C). Os mesmos autores afirmaram que as informações referentes ao peso corporal não são recomendáveis como indicativo de comportamento fisiológico das aves. Em estudo com pintos de um dia submetidos ao frio (20°C), não foram encontradas diferenças no ganho de peso e no consumo alimentar (MUJAHID; FURUSE, 2009). No entanto, Malheiros et al. (2000) afirmaram que pintos mantidos sob temperatura de 20°C apresentaram baixo peso corporal no 6º e 7º dias, sendo que, entre os animais mantidos a 35 e 25°C, não houve diferença significativa com relação ao peso.

Nesta etapa, foi possível observar que, apesar da elevada mortalidade dos pintos provenientes do tratamento estresse por calor no dia seguinte, pouco efeito significativo foi observado quanto ao peso. No entanto, houve uma diferença de peso entre os animais estressados por calor e os demais tratamentos, independente do posicionamento das caixas de transporte, o que se torna uma informação importante sob o ponto de vista produtivo. Sobre o posicionamento da caixa, pouca influência foi observada nestas condições experimentais. Todavia, ao se considerar um caminhão de transporte de pintos, onde as pilhas são compostas de 5-7 caixas em um conjunto de várias pilhas ao longo do caminhão, isto pode apresentar interferências no conforto térmico durante a viagem.

5 CONCLUSÕES

De acordo com as condições experimentais em que foi realizado o presente trabalho e com os resultados desta pesquisa, pode-se concluir que:

1. as condições simuladas de transporte de pintos de um dia influenciaram as respostas fisiológicas e de mortalidade dos animais;
2. no que diz respeito ao posicionamento das caixas de transporte, não foram verificadas variações significativas deste fator nas respostas fisiológicas e produtivas dos animais;
3. com relação ao tempo de exposição aos diferentes ambientes térmicos, foi verificada que entre os tempos de 0 a 3 horas de duração foi observada a maior mortalidade no tratamento calor e alterações nas variáveis fisiológicas;
4. sobre a influência das condições simuladas de transporte no desempenho produtivo dos pintos de corte durante a primeira semana, não houve evidências claras sobre o impacto no peso corporal dos animais. No entanto, foi observado um aumento na mortalidade do dia seguinte ao tratamento térmico de estresse por calor durante 6 horas;
5. com relação às condições bioclimáticas, a maior influência verificada foi observada no estresse pelo calor, em relação às faixas térmicas de estresse pelo frio e condições de conforto.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

1. Dada a escassez de informações relacionada à logística pré-porteira da avicultura de corte, principalmente quanto ao conforto térmico de pintos de um dia em trânsito, a principal informação oriunda deste trabalho refere-se ao tempo de transporte desses animais. Mesmo em situação de conforto, recomenda-se que o transporte de pintos de um dia não ultrapasse 3 horas, visando ao elevado bem-estar, conforto térmico e sobrevivência destes animais até a chegada à granja. Para isto, é muito importante a escolha de granjas que sejam relativamente próximas ao incubatório, obedecendo obviamente a uma distância mínima relacionada a aspectos de biossegurança. Para viagens acima de 6 horas, novos estudos deverão ser desenvolvidos para elucidar o efeito de viagens longas na termorregulação e perdas produtivas de pintos de corte;

2. Além disso, a condição térmica deve ser observada rigorosamente nos baús climatizados utilizados no transporte de pintos. Em contrapartida, os caminhões possuem pouco isolamento térmico, com baixa precisão na aferição das condições térmicas durante a viagem. Como a preocupação comum do setor produtivo refere-se ao frio, pouca atenção é dada ao estresse por calor, sendo necessário maior controle térmico para evitar excesso de aquecimento durante a viagem e também no alojamento de pintos nas granjas.

3. Considerando as lacunas ainda existentes nesta área de pesquisa, são necessárias novas pesquisas em situação real de transporte de pintos de corte, avaliando aspectos de temperatura, umidade relativa, ventilação e outros fatores influentes durante a viagem, tais como a distância, tempo de viagem, dentre outros. Torna-se também importante estudar os impactos das condições adversas do transporte, não só na primeira semana, bem como ao longo dos 42 dias de criação. Além disso, por meio do histórico de mortalidade ao longo do período de criação é possível realizar um mapeamento empresarial, visando melhorias na logística de transporte de pintos de um dia.

REFERÊNCIAS

ABEF - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES E EXPORTADORES DE FRANGOS. **Relatório anual 2010/2011**. Disponível em: <<http://www.abef.com.br>>. Acesso em: 1 set. 11.

ALMEIDA, J.G.; VIEIRA, S.L.; GALLO, B.B.; CONDE, O.R.A.; OLMOS, A.R. Period of incubation and posthatching holding time influence on broiler performance. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v. 8, n. 3, p. 153-158, 2006a.

ALMEIDA, J.G.; DAHLKE, F.; MAIORKA, A.; FARIA FILHO, D.E.; OELKE, C.A. Efeito da idade da matriz no tempo de eclosão, tempo de permanência do neonato no nascedouro e o peso do pintainho. **Archives of Veterinary Science**, Porto Alegre, v. 11, n. 1, p. 45-49, 2006b.

ANDERSON, K.E.; PATTERSON, P.H.; KOELKEBECK, K.W.; DARRE, M.J.; CAREY, J.B.; AHN, D.U.; ERNST, R.A.; KUNEY, D.R.; JONES, D.R. Temperature sequence of eggs from oviposition through distribution: transportation - part 3. **Poultry Science**, Savoy, v. 87, p. 1195-1201, 2008.

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: 1 set. 11.

BARBOSA FILHO, J.A.D.; VIEIRA, F.M.C.; SILVA, I.J.O.; GARCIA, D.B.; SILVA, M.A.N.; FONSECA, B.H.F. Transporte de frangos: caracterização do microclima na carga durante o inverno. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 12, p. 2442-2446, 2009.

BARRI, A. **Effects of incubation temperature and transportation stress on yolk utilization, small intestine development, and post-hatch performance of high-yield broiler chicks**. 2008. 201 p. Dissertação (Doutorado em Ciência Animal e Avícola) - Virginia Polytechnic Institute, Virginia State University, Blacksburg, 2008.

BENJAMIN I.J.; MCMILLAN D.R. Stress (heat shock) proteins: molecular chaperones in cardiovascular biology and disease. **Circulation Research**, New York, v.83, p.117-132, 1998.

BOURASSA, D.V.; BUHR, R.J.; WILSON, J.L. Elevated egg holding-room temperature of 74°F (23°C) does not depress hatchability or chick quality. **Journal of Applied Poultry Research**, London, v.12, p. 1-6, 2003.

BRUZUAL, J.J.; PEAK, S.D.; BRAKE, J.; PEEBLES, E.D. Effects of relative humidity during incubation on hatchability and body weight of broiler chicks from young breeder flocks. **Poultry Science**, Savoy, v. 79, p. 827-830, 2000.

CAMARGO, J.R. **Ambiência pré-porteira: o tempo de espera no incubatório e sua influência sobre o desempenho inicial de frangos de corte**. 2011. 189 p. Dissertação (Mestrado em Física do Ambiente Agrícola) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

CANGAR, Ö.; AERTS, J.M.; BUYSE, J.; BERCKMANS, D. Quantification of the Spatial Distribution of Surface Temperatures of Broilers. **Poultry Science**, Savoy, v. 87, p. 2493-2499, 2008.

CELLA, P.S.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M.; ALBINO, L.F.T.; FERREIRA, A.S.; GOMES, P.C.; VALERIO, S.R.; APOLONIO, L.R. 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. 433-439, 2001.

CHOMCZYNSKI, P.; SACCHI, N. Single-step method of RNA isolation by acid guanidinium thiocyanate-phenol-chloroform extraction. **Analytical Biochemistry**, Oxford, v.162, p.156-159, 1987.

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.

DALANEZI, J.A.; MENDES, A.A.; GARCIA, E.A.; GARCIA, R.G.; MOREIRA, J.; PAZ, I.C.L.A. Efeito da idade da matriz sobre o desempenho e rendimento de carcaça de frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.57, n. 2, p. 250-260, 2005.

DAMRON, B.L.; DOUGLAS, C.R.; JACOBS, R.D. Temperature patterns in commercial egg transport vehicles. **Journal of Applied Poultry Research**, London, v. 3, p. 193-198, 1994.

DAWSON, W.R.; WHITTOW, G.C. Regulation of body temperature. In: WHITTOW, G.C. (Ed.). **Sturkie's avian physiology**. London: Academic Press, 2000. 724 p.

DECUYPERE, E.; MICHELS, H. Incubation temperature as a management tool: a review. **World's Poultry Science Journal**, Amsterdam, v. 48, p. 28-38, 1992.

DECUYPERE, E.; MALHEIROS, R.D.; MORAES, V.M.; BRUGGEMAN, V. Fisiologia do embrião. In: MACARI, M.; GONZALES, E. (Ed.). **Manejo da Incubação**. Jaboticabal: FACTA, 2003. 537 p.

DIONELLO, N.J.L.; MACARI, M.; FERRO, J.A.; RUTZ, F.; FERRO, M.I.T.; FURLAN, L.R. Respostas fisiológicas associadas à termotolerância em pintos de corte de duas linhagens por exposição a altas temperaturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 79-85, 2002.

DUNNINGTON, E.A.; SIEGEL, P.B. Thermoregulation in newly hatched chicks. **Poultry Science**, Savoy, v. 63, p. 1303-1313, 1984.

ESMAY, M.L. **Principles of animal environment**. Michigan: AVI, 1978, 357 p.

FRENCH, N.A. Modeling incubation temperature: the effects of incubator design, embryonic development, and egg size. **Poultry Science**, Savoy, v. 76, p. 124-133, 1997.

FURLAN, R.L.; MACARI, M. **Termorregulação**. In: MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. (Ed.). **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP, 2002, 375 p.

GABRIEL, J.E.; ALVARES, L.E.; GOBET, M.C.; PAZ, C.C.P.; PACKER, I.U.; MACARI, M. e COUTINHO, L.L. Expression of MyoD, myogenin, myostatin and HSP70 transcripts in chicken embryos submitted to mild cold or heat. **Journal of Thermal Biology**, Amsterdam, v.28, p.261-269, 2003.

GARCIA, D.B.; SILVA, I.J.O.; BARBOSA FILHO, J.A.D.; VIEIRA, F.M.C.; DIAS, C.T.S. Evaluation of the effect of vibration in simulated condition of transport of broiler chickens. In: INTERNATIONAL LIVESTOCK ENVIRONMENT SYMPOSIUM, 8., 2008, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: CIGR, 2008.

GIGLI, A.C.S.; BARACHO, M.S.; NÄÄS, I.A.; SALGADO, D.D.; ALVARENGA, D.P. Environmental conditions in broiler multi-stage setter – a case study. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 66, n. 2, p. 145-149, 2009.

GONZALES, E.; CESÁRIO, M.D. Desenvolvimento embrionário. In: MACARI, M.; GONZALES, E. (Ed.). **Manejo da Incubação**. Jaboticabal: FACTA, 2003, 537 p.

GUSTIN, P.C. Manejo dos pintos no incubatório, expedição, transporte e alojamento na granja. In: MACARI, M.; GONZALES, E. (Ed.). **Manejo da Incubação**. Jaboticabal: FACTA, 2003. 537 p.

HULET, R.M. Symposium: managing the embryo for performance managing incubation: where are we and why? **Poultry Science**, Savoy, v. 86, p. 1017-1019, 2007.

KETTLEWELL, P.J.; HOXEY, R.P.; MITCHELL, M.A. Heat produced by Broiler Chickens in a Commercial Transport Vehicle. **Journal of Agricultural Engineering Research**, St. Joseph, v. 75, n. 3, p. 315-326, 2000.

KIANG JG, TSOKOS GC. Heat shock protein 70 kDa: molecular biology, biochemistry, and physiology. **Pharmacology and Therapeutics**, Chicago, v.80, n.2, p.183-201, 1998.

LIN, H.; ZHANG, H.F.; JIAO, H.C.; ZHAO, T.; SUI, S.J.; GU, X.H.; ZHANG, Z.Y.; BUYSE, J.; DECUYPERE, E. Thermoregulation responses of broiler chickens to humidity at different ambient temperatures. I. one week of age. **Poultry Science**, Savoy, v. 84, p. 1166-1172, 2005.

MACARI, M.; FURLAN, R.L. Ambiência aplicada na produção de aves em clima tropical. In: SILVA, I.J.O. (Ed.). **Ambiência aplicada na produção de aves em clima tropical**. Piracicaba: SBEA, 2001. 200 p.

MALHEIROS, R.D.; MORAES, V.M.B.; BRUNO, L.D.G.; MALHEIROS, E.B.; FURLAN, R.L.; MACARI, M. Environmental temperature and cloacal and surface temperatures of broiler chicks in first week post-hatch. **Journal of Applied Poultry Research**, London, v. 9, p. 111-117, 2000.

MARCHESIN, M.L. **Análise da expressão gênica de MyoD, MRF4, Miogenina e Miostatina nos músculos Biceps femoris e Gastrocnemius lateralis em duas linhagens de Gallus gallus (corte e postura)**. 2008. 61 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2008.

MEIJERHOF, R. Pre-incubation holding of hatching eggs. **World's Poultry Science Journal**, Amsterdam, v. 48, p. 58-68, 1992.

MEIJERINK, J.; MANDIGERS, C.; VAN DE LOCHT, L.; TONNISSEN, E.; GOODSAL, F.; RAEMAEEKERS, J.A novel method to compensate for different amplification efficiencies between patient DNA samples in quantitative real-time PCR. **Journal of Molecular Diagnostics**, Bethesda, v.3, p.55-61, 2001.

MICKELBERRY, W.C.; ROGLER, J.C.; STADELMAN, W.J. The influence of dietary fat and environmental temperature upon chick growth and carcass composition. **Poultry Science**, Savoy, v. 45, p. 313-321, 1966.

MILLER, L.; QURESHI, MA. Heat-shock protein synthesis and phagocytic function of chicken macrophage following *in vitro* heat exposure. **Veterinary Immunology and Immunopathology**, Cambridge, v.30, p.179-191, 1992.

MINITAB 15 STATISTICAL SOFTWARE. **Computer Software**. Stage College: Minitab, Inc., 2007.

MITCHELL, M.A.; KETTLEWELL, P.J.; Physiological stress and welfare of broiler chickens in transit: solutions not problems! **Poultry Science**, Savoy, v. 77, p. 1803-1814, 1998.

MORAES, V.M.B; MALHEIROS, R.D.; BRUGGEMAN, V.; COLLIN, A.; TONA, K.; VAN AS, P.; ONAGBESAN, O.M.; BUYSE, J.; DECUYPERE, E.; MACARI, M. Effect of thermal conditioning during embryonic development on aspects of physiological responses of broilers to heat stress. **Journal of Thermal Biology**, Amsterdam, n. 28, p. 133-140, 2003.

MORIMOTO, R.I. Cells in stress: transcriptional activation of heat shock genes. **Science**, Washington, v.259, p.1409-1410, 1993.

MOURA, D.J. Ambiência na produção de aves de corte. In: SILVA, I.J.O. (Ed.). **Ambiência aplicada na produção de aves em clima tropical**. Piracicaba: SBEA, 2001. 200 p.

MUJAHID, A.; FURUSE, M. Oxidative damage in different tissues of neonatal chicks exposed to low environmental temperature. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A**, Oxford, v. 152, p. 604-608, 2009.

NÄÄS, I.A.; GIGLI, A.C.S.; BARACHO, M.S.; ALMEIDA PAZ, I.C.L.; SALGADO, D.D. Estimating the impact of environmental conditions on hatching results using multivariable analysis. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v. 10, n. 4, p. 215-222, 2008.

NAGAO RT, KIMPEL J.A.; KEY, J.L. Molecular and cellular biology of the heat-shock response. **Advances in Genetics**, New York, v.28, p.235-274, 1990.

NASCIMENTO, S.T. **Determinação do balanço de calor em frangos de corte por meio das temperaturas corporais**. 2010. 120 p. Dissertação (Mestrado em Física do Ambiente Agrícola) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

NICHELMANN, M.; TZSCHENTKE, B. Ontogeny of thermoregulation in precocial birds. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A**, Oxford, v.131, p. 751-763, 2002.

NICOL, C.J.; SCOTT, G.B. Pre-slaughter handling and transport of broiler chickens. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 28, p. 57-73, 1990.

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, p. 797-803, 2006.

OVIEDO-RONDÓN, E.O.; SMALL, J.; WINELAND, M.J.; CHRISTENSEN, V.L.; GRIMES, J.L.; FUNDERBURK, S.V.L.; ORT, D.T.; MANN, K.M. Effects of incubator temperature and oxygen concentration during the plateau stage of oxygen consumption on turkey embryo long bone development. **Poultry Science**, Savoy, v. 87, 1484-1492, 2008.

PEDROSO, A.A.; STRINGHINI, J.H.; LEANDRO, N.S.M.; CAFÉ, M.B.; BARBOSA, C.E.; LIMA, F.G. Suplementos utilizados como hidratantes nas fases pré-alojamento e pós-alojamento para pintos recém eclodidos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Concórdia, v. 40, n. 7, p. 627-632, 2005.

PEDROSO, A.A.; BARBOSA, C.E.; STRINGHINI, J.H.; CAFÉ, M.B.; LEANDRO, N.S.M.; BARBOSA, V.T. Intervalo entre a retirada do nascedouro e o alojamento de pintos de diferentes pesos oriundos de matrizes jovens. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 7, n. 3, p. 249-256, 2006.

PFÄFFL, M.W. A new mathematical model for relative quantification in real-time PCR. **Nucleic Acid Research**, Oxford, v.29, p.45, 2001.

QUINN, A.D.; BAKER, C.J. An investigation of the ventilation of a day-old chick transport vehicle. **Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics**, St. Joseph, v. 67/ 68, p. 305-311, 1997.

REIJRINK, I.A.M.; MEIJERHOF, R.; KEMP, B.; GRAAT, E.A.M.; BRAND, H. van den. Influence of prestorage incubation on embryonic development, hatchability, and chick quality. **Poultry Science**, Savoy, v. 88, p. 2649-2660, 2009.

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**, Lisse, v. 55, p. 455-459, 2011.

ROSÁRIO, M.F.; SILVA, M.A.N.; COELHO, A.A.D.; SAVINO, V.J.M. Síndrome ascítica em frangos de corte: uma revisão sobre a fisiologia, avaliação e perspectivas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1987-1996, 2004.

SAS INSTITUTE. **SAS 9.2**. Cary: SAS Institute Inc., 2009.

SECEX. Secretaria de Comércio Exterior. **Balança comercial brasileira - julho 2011**. Disponível em: < <http://www.desenvolvimento.gov.br/sitio/secex>>. Acesso em: 01 set. 11.

SHINDER, D.; RUSAL, M.; TANNY, J.; DRUYAN, S.; YAHAV, S. Thermoregulatory responses of chicks (*Gallus domesticus*) to low ambient temperatures at an early age. **Poultry Science**, Savoy, v.86, p. 2200-2209, 2007.

SILVA, M.A.N.; BARBOSA FILHO, J.A.D.; SILVA, C.J.M.; ROSÁRIO, M.F.; SILVA, I.J.O.; COELHO, A.A.D.; SAVINO, V.J.M. Avaliação do estresse térmico em condição simulada de transporte de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, p. 1126-1130, 2007.

SILVA, R.G. **Biofísica ambiental: os animais e seu ambiente**. Jaboticabal: FUNEP, 2008, 393 p.

SIMÕES, G.S.; OBA, A.; MATSUO, T.; ROSSA, A.; SHIMOKOMAKI, M.; IDA, E.I. Vehicle thermal microclimate evaluation during Brazilian summer broiler transport and the occurrence of PSE (pale, soft, exudative) meat. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v.52, p.195-204, 2009.

SKIDMORE R, GUTIERREZ JA, GUERRIRO V, KREGAL, KC. HSP70, induction during exercise and heat stress in rats: role of internal temperature. **American Journal of Physiology**, Chicago, v.268, p.R92-R97, 1995.

SUAREZ, M.E.; WILSON, H.R.; MATHER, F.B.; WILCOX, C.J.; MCPHERSON, B.N. Effect of strain and age of the broiler breeder female on incubation time and chick weight. **Poultry Science**, Savoy, n. 76, p. 1029-1036, 1997.

TANURE, C.B.G.S.; CAFÉ, M.B.; LEANDRO, N.S.M.; BAIÃO, N.C.; STRINGHINI, J.H.; GOMES, N.A. Efeitos da idade da matriz leve e do período de armazenamento de ovos incubáveis no rendimento de incubação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 61, n. 6, p. 1391-1396, 2009.

TEIXEIRA, E.N.M.; SILVA, J.H.V.; COSTA, F.G.P.; MARTINS, T.D.D.; GIVISIEZ, P.E.N.; FURTADO, D.A. Efeito do tempo de jejum pós-eclosão, valores energéticos e inclusão do ovo desidratado em dietas pré-iniciais e iniciais de pintos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 2., p. 314-322, 2009.

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.

TONA, K.; BRUGGEMAN, V.; ONAGBESAN, O.; BAMELIS, F.; GBEASSOR, M.; MERTENS, K.; DECUYPERE, E. Day-old chick quality: relationship to hatching egg quality, adequate incubation practice and prediction of broiler performance. **Avian and Poultry Biology Reviews**, St. Joseph, v. 16, n. 2, p. 109-119, 2005

TONA, K.; BAMELIS, F.; KETELAERE, B.; BRUGGEMAN, V.; MORAES, V.M.B.; BUYSE, J.; ONAGBESAN, O.; DECUYPERE, E. Effects of Egg Storage Time on Spread of Hatch, Chick Quality, and Chick Juvenile Growth. **Poultry Science**, Savoy, v.82, p. 736-741, 2003.

TZSCHENTKE, B. Attainment of thermoregulation as affected by environmental factors. **Poultry Science**, Savoy, v. 86, p. 1025-1036, 2007.

VALROS, A.; VUORENMAA, R.; JANCZAK, A.M. Effect of simulated long transport on behavioural characteristics in two strains of laying hen chicks. **Applied Animal Behaviour Science**, Athens, v. 109, p. 58-67, 2008.

VERBEKE P, FONAGER J, CLARK BFC, RATTAN SIS. Heat shock response and ageing: mechanisms and applications. **Cell Biology International**, Washington, v.25, n.9, p.845-857, 2001.

VIEIRA, F.M.C.; SILVA, I.J.O.; BARBOSA FILHO, J.A.D.; VIEIRA, A.M.C. Productive losses on broiler preslaughter operations: effects of the distance from farms to abattoirs and of lairage time in a climatized holding area. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, p. 2471-2476, 2010.

VIEIRA, F.M.C.; SILVA, I.J.O.; BARBOSA FILHO, J.A.D.; VIEIRA, A.M.C.; BROOM, D.M. Preslaughter mortality of broilers in relation to lairage and season in a subtropical climate. **Poultry Science**, Savoy, v. 90, p. 2127-2133, 2011.

XIN, H.; RIEGER, S.R. Physical conditions and mortalities associated with international air transport of young chicks. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 38, n. 6, p. 1863-1867, 1995.

XIN, H.; HARMON, J.D. Responses of group-housed neonatal chicks to posthatch holding environment. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 39, n. 6, p. 2249-2254, 1996.

YAHAV, S.; SHAMAY, A.; HOREV, G.; BAR-ILAN, D.; GENINA, O.; FRIEDMAN-EINAT, M. Effect of acquisition of improved thermotolerance on the induction of heat shock proteins in broiler chickens. **Poultry Science**, Savoy, v. 76, p. 1428-1434, 1997.

YALÇIN, S.; SIEGEL, P.B. Exposure to cold or heat during incubation on developmental stability of broiler embryos. **Poultry Science**, Savoy, v. 82, p. 1388-1392, 2003.

ZAKARIA, A.H.; PLUMSTEAD, P.W.; ROMERO-SANCHEZ, H.; LEKSRISOMPONG, N.; BRAKE, J. The effects of oviposition time on egg weight loss during storage and incubation, fertility, and hatchability of broiler hatching eggs. **Poultry Science**, Savoy, n. 88, p. 2712-2717, 2009.