



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO PARA ESTUDOS SOBRE
A TEMPERATURA SUPERFICIAL E O COMPORTAMENTO DE
FRANGOS DE CORTE**

Ana Luísa Bandeira da Fonseca
Orientadora: Dr^a. Sheila Tavares Nascimento

BRASÍLIA – DF
JULHO/2018



ANA LUÍSA BANDEIRA DA FONSECA

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO PARA ESTUDOS SOBRE
A TEMPERATURA SUPERFICIAL E O COMPORTAMENTO DE
FRANGOS DE CORTE**

Trabalho de conclusão do curso de
graduação em Medicina Veterinária
apresentado junto à Faculdade de
Agronomia e Medicina Veterinária da
Universidade de Brasília

Orientadora: Dr^a. Sheila Tavares
Nascimento

BRASÍLIA – DF
JULHO/2018

FICHA CATALOGRÁFICA

Fonseca, Ana Luísa Bandeira

Desenvolvimento de um protótipo para estudos sobre a temperatura superficial e o comportamento de frangos de corte./ Ana Luisa Bandeira da Fonseca; orientação de Sheila Tavares Nascimento. – Brasília, 2018.

Número de páginas.58 p. : il.

Trabalho de conclusão de curso de graduação – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2018.

CESSÃO DE DIREITOS

Nome do Autor: Ana Luísa Bandeira da Fonseca

Título do Trabalho de Conclusão de Curso: Desenvolvimento de um protótipo para estudos sobre a temperatura superficial e o comportamento de frangos de corte Ano: 2018

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Ana Luísa Bandeira da Fonseca

Ana Luísa Bandeira da Fonseca

FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome do autor: Ana Luísa Bandeira da Fonseca

Título: Desenvolvimento de um protótipo para estudos sobre a temperatura superficial e o comportamento de frangos de corte

Trabalho de conclusão do curso de graduação em Medicina Veterinária apresentado junto à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília

Aprovado em 06/07/2018

Banca Examinadora

Prof. Dr. Sheila Tavares Nascimento

Julgamento: APROVADA

Instituição: Universidade de Brasília.

Assinatura: Sheila Tavares Nascimento

Prof. Dr. Aline Mondini Calil Racanicci

Julgamento: APROVADA

Instituição: Universidade de Brasília.

Assinatura: Aline Mondini Calil Racanicci

Prof. Dr. Vinícius Machado dos Santos

Julgamento: APROVADA

Instituição: Instituto Federal de Brasília.

Assinatura: Vinícius Machado dos Santos

DEDICATÓRIA

Este trabalho é dedicado às pessoas que estiveram ao meu lado ao longo de toda vida: meus pais. Também dedico aos meus irmãos, que não mediram esforços para me dar apoio. Aos meus amigos que sempre acreditaram em mim.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado força e sabedoria para realização do trabalho.

Aos meus pais pelo amor, paciência, apoio incondicional e entendimento nas horas de ausência. Agradeço ao meu pai e a minha mãe por sempre se preocuparem com a minha educação, meu futuro e o meu sucesso.

A Universidade de Brasília pela oportunidade de estudo e seus docentes pelos ensinamentos.

A todas as pessoas que passaram pela minha vida durante a minha trajetória na UNB e que de alguma forma contribuíram para que esse sonho se realizasse de forma mais branda.

Aos meus amigos que estiveram comigo nessa caminhada e sempre me deram forças nos momentos mais difíceis.

A minha irmã Ana Letícia Bandeira Morais, que desde sempre acreditou no meu potencial. Ela é a pessoa mais motivadora e com a melhor energia positiva que eu tenho na minha vida, desde a época do pré-vestibular esteve comigo me dando forças, me incentivando. Eu te amo muito maninha.

A minha amiga incrível Alessandra Bueno Guimarães, que sempre esteve ao meu lado ajudando no que fosse preciso. Você foi o meu maior ombro amigo nas horas de desesperos e dificuldades. Minha grande companheira de estudos nas madrugadas, compartilhamos tantas coisas juntas que faltam palavras para te agradecer por tudo. Quantas lágrimas derramamos nessa trajetória, quantos sorrisos compartilhamos, sem você, essa longa caminhada na UNB teria sido mais difícil, obrigado por tudo, por todo apoio, eu te amo demais.

Ao meu namorado Ricardo Simões de Moraes, além de ser o meu companheiro é o meu melhor amigo. Foi meu depósito de desespero nas horas mais difíceis e sempre me retribuiu com o seu abraço, sua paciência e me fez sentir bem, mesmo eu sendo uma pessoa complicada demais para se lidar. Você é o verdadeiro significado da palavra companheirismo, eu te amo muito.

A minha grande orientadora, mestre e mais conhecida como mãe por mim, Sheila Tavares Nascimento que me acolheu quando eu estava perdida, sem saber que rumo escolher na minha graduação. Obrigada pelos seus ensinamentos, orientações,

compreendimento quando eu mais precisei e pela paciência comigo. Obrigada de coração.

Ao professor Vinícius Machado dos Santos pela oportunidade concedida para a realização do estágio obrigatório na área de Avicultura no Instituto Federal da Brasília – IFB, Campus Planaltina.

Ao Instituto Federal de Brasília – IFB, Campus Planaltina, pela disponibilidade de recursos financeiros para a construção do protótipo, via projeto Edital nº 30/2016, PROGRUPOS-Equipamentos.

A Fundação de Apoio e Pesquisa do Distrito Federal (FAPDF) pela bolsa de Iniciação Científica concedida no desenvolvimento deste estudo.

“A compaixão para com os animais é
das mais nobres virtudes da
natureza humana”. (Charles
Darwin)

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE TABELAS.....	xii
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUÇÃO.....	1
1. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
1.1 AVICULTURA BRASILEIRA.....	4
1.2 EQUILÍBRIO TÉRMICO DE FRANGOS DE CORTE.....	6
1.3 ESTUDO DA ZONA DE CONFORTO TÉRMICO PARA AVES.....	8
1.4 AMBIÊNCIA NA AVICULTURA.....	11
1.5 COMPORTAMENTO DAS AVES (EM ESTRESSE POR FRIO/CALOR E CONFORTO TÉRMICO.....	14
1.6 TERMOGRAFIA DE INFRAVERMELHO.....	17
1.7 CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS NA AVICULTURA.....	21
1.8 UTILIZAÇÃO DE PROTÓTIPOS NA AVICULTURA.....	25
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29
2. NOTA TÉCNICA.....	35
2.1 RESUMO.....	35
2.2 INTRODUÇÃO.....	37
2.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	41
2.4 VANTAGENS DO PROTÓTIPO.....	52
2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	54
2.6 AGRADECIMENTOS.....	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57

LISTA DE FIGURAS CAPÍTULO 1

FIGURA 1 – Representação do processo de termorregulação para animais endotérmicos.....	9
FIGURA 2 – Imagem termográfica do interior de um aviário (A) e o histograma do perfil térmico das aves (B) selecionadas na reta indicada em (A).....	18
FIGURA 3 – Planta baixa da sala da câmara climática: apoio técnico e a Câmara de Preferência Ambiental.....	22
FIGURA 4 – Câmara experimental de policarbonato dividida em dois compartimentos (suporte e teste). O compartimento de suporte (0,4 x 0,4 x 0,76 m ³) levava as aves ao compartimento de teste (0,6 x 0,4 x 0,76 m ³) através de uma porta de guilhotina. O compartimento de teste continha comedouro e abaixo, o estrume e o compartimento de gás.....	26

CAPÍTULO 2

FIGURA 1 – Vista frontal, traseira e lateral do protótipo com suas respectivas dimensões, incluindo quatro aberturas: a) janela de inspeção termográfica para a aferição da temperatura superficial dos animais através da câmera de infravermelho; b) do ar condicionado para o resfriamento da temperatura do ar e circulação do ar interno de acordo com cada fase de criação dos animais; c) da porta de entrada e saída dos animais para o manejo sanitário/nutricional e d) para o manejo de lâmpada infravermelha.....	42
FIGURA 2 – Protótipo com a instalação do ar condicionado do tipo Split com 7.000 BTU de potência e abertura (visualizada pela seta branca) frente ao ar condicionado para o manejo da lâmpada de infravermelho, ambas do mesmo tamanho.....	43
FIGURA 3 – Ar condicionado tipo Split com 7.000 BTU de potência instalado no protótipo reprogramado do modo “automático” para o sistema “analógico” para resfriamento da temperatura interna e circulação de ar.....	44

- FIGURA 4 – Aparato utilizado para averiguar o funcionamento do sistema analógico. A lâmpada vermelha ligada indica que a lâmpada infravermelha está funcionando e aquecendo o ar junto ao ar condicionado na função “ventilação”. A lâmpada verde ligada indica que o modo “resfriamento” do ar condicionado está funcionando (entre 18 e 20 °C) e que a lâmpada infravermelha está desligada.....45
- FIGURA 5 – Porta de entrada/saída dos animais do protótipo e manejo nutricional/sanitário necessário para cada fase de criação de frangos de corte.....46
- FIGURA 6 – Janela de inspeção termográfica do protótipo para aferição da temperatura superficial dos animais no interior do aparato por intermédio da câmara de infravermelho.....47
- FIGURA 7 – Sistema de aquecimento do protótipo com lâmpada infravermelha da marca Philips, de 230V.....49
- FIGURA 8 – Sistema do tipo arduíno composto por um termostato e um registrador automático de temperatura, programado para o acionamento da lâmpada infravermelha, caso a temperatura no interior do protótipo for menor que 32 °C e desligar quando a temperatura ultrapassar 34 °C.....49
- FIGURA 9 – Sistema arduíno DHT-22 composto por dois termostatos conectados à um datalogger para aferição da temperatura e umidade a cada um minuto no interior do protótipo.....50

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Tabela com a média de preços do material utilizado na confecção do protótipo e dos equipamentos envolvidos no projeto.....	42
---	----

RESUMO

A avicultura de corte é considerada uma das principais cadeias agropecuárias do Brasil, e, portanto, o manejo e a ambiência são pontos essenciais em todas as etapas de criação. Dessa forma, destaca-se a necessidade de se estudar a zona de conforto térmico de frangos de corte para linhagens utilizadas comercialmente, para assim, garantir-se o máximo potencial produtivo dos animais nas instalações. Nesse contexto, objetivou-se neste trabalho apresentar o levantamento literário sobre a atual realidade do cenário avícola e os desafios enfrentados pelos produtores frente às dificuldades de controle das variáveis climáticas, principalmente temperatura, umidade relativa do ar, velocidade dos ventos, concentração de gases poluentes e radiação dentro das instalações, ainda, apresentar o desenvolvimento da construção de um protótipo para estudos sobre a ambiência térmica de frangos de corte. O trabalho foi dividido em dois capítulos. O capítulo um refere-se ao levantamento literário, apontando os principais aspectos relacionados à ambiência na criação de frangos de corte e como ocorre os mecanismos de trocas de calor do animal com o ambiente; estudos sobre as condições experimentais, bem como o comportamento das aves em condições de conforto e estresse térmico. Em seguida, no capítulo dois, é apresentada uma nota técnica sobre o desenvolvimento de um protótipo móvel, voltado para estudos de ambiência térmica e comportamento de frangos de corte, com o intuito de avaliar a zona de conforto térmico desses animais através do controle de variáveis climáticas, além de permitir obtenção da temperatura superficial das aves por intermédio de uma câmara de infravermelho. O protótipo móvel foi construído com material acrílico e apresenta quatro aberturas: a instalação de um aparelho de ar condicionado, para o controle da temperatura, umidade e propõe correta ventilação do ar; manejo e ajuste de altura da lâmpada infravermelha; porta de entrada/saída de animais e manejo nutricional/sanitário; e janela de inspeção termográfica, para obtenção do perfil térmico superficial dos animais por intermédio da câmara de infravermelho. Ainda, conjuntamente, foram instalados dois sistemas tipo arduíno (microcomputador composto por placa controladora e conexão USB que permite ser ligado a sistemas eletrônicos com o objetivo de criar sistemas interativos de acordo com o alvo proposto), um para medição da temperatura e umidade relativa do ar do protótipo a cada um minuto e o outro para aferição da temperatura próximo à lâmpada infravermelha, configurado para acionar a lâmpada infravermelha e aquecer quando a temperatura desejada não for atingida, e desligada quando a temperatura requerida for alcançada. O protótipo tem como vantagem ser de baixo custo, com material transparente, sendo, assim, possível analisar os animais em tempo real, e ainda, pode-se traçar o perfil térmico dos animais por intermédio da câmara de infravermelho sem a intervenção no seu comportamento natural. O protótipo propõe estudos sobre diversos fatores ambientais e como os animais se comportam frente à variadas condições. Por fim, a utilização do protótipo pode ser ampliada para pesquisas com outras espécies de interesse zootécnico que possuem pequeno porte.

Palavras-chave: Ambiência, Bem-estar animal, Conforto térmico, Zootecnia de precisão.

ABSTRACT

The poultry industry is considered one of the main agricultural chains in Brazil, and therefore handling and ambience are essential points in all stages of the rearing period, being necessary to study the thermal comfort zone of broilers strains used to ensure the maximum productive potential of the animals on the installments. In this context, the objective of this work was to present a literary survey about the current scenario of the poultry system and the challenges faced by producers due to the difficulties of controlling climatic variables, especially temperature and humidity inside the facilities and to propose a prototype for studies about the thermal environment of broiler chickens. The work was divided into two chapters. Chapter one refers to the literary survey about the poultry industry, pointing out the main aspects related to the environment in the breeding of broilers and studies about the experimental conditions, as well as the behavior of the birds in conditions of comfort and stress. Then, in chapter two, a technical note about the development of a mobile prototype is presented, designed for studies about thermal ambience and broiler behavior, with the purpose of evaluating the thermal comfort zone of these animals by the provision of heating, cooling and ventilation of the bird, besides obtaining the surface temperature of the birds using an infrared camera. The mobile prototype was built with acrylic material and includes four openings: the installation of an air conditioner, for the temperature control, humidity and proposes correct air ventilation; handling and adjustment of the height of the infrared lamp; door of entry / exit of animals and nutritional / sanitary handling; and a thermographic inspection window, to obtain the surface thermal profile of the animals through the infrared camera. Also, two arduino type systems were installed (microcomputer composed of controller board and USB connection that allows to be connected to electronic systems with the objective of creating interactive systems according to the proposed target), one for measuring the temperature and relative humidity of the prototype air every minute and the other for measuring the temperature near the infrared lamps, configured to drive the infrared lamps and to warm up the birds when the temperature inside the prototype is not achieved, and turned off when the required temperature is reached. The prototype has the advantage of being of low cost, with transparent material, thus, it is possible to analyze the animals in real time, and also, it is possible to draw the thermal profile of the animals through the infrared camera without the intervention in their behavior Natural. The prototype proposes studies on several environmental factors and how animals behave in the face of varied conditions. Finally, the use of the prototype can be expanded for research with other species of zootechnical interest that are small.

Keywords: Ambience, Animal husbandry, Animal welfare, Livestock precision farming, Thermal comfort.

INTRODUÇÃO

O estresse por frio e calor é um dos principais fatores que interferem negativamente o desempenho das aves. Em caso de alterações de temperatura e umidade, as aves alteram seu comportamento utilizando recursos fisiológicos com objetivo de reter ou perder calor para o ambiente (SILVA, 2013). Para atender às exigências de conforto térmico das aves no início da vida é fundamental o fornecimento de fontes de calor, pois o sistema termorregulador desses animais ainda não está completamente desenvolvido (CORDEIRO et al., 2010).

Após a maturação do sistema termorregulador, é necessário um cuidado maior com altas temperaturas e umidade relativa do ar, visto que, até a fase final de crescimento, as aves de corte são sensíveis ao calor. Esses efeitos repercutem negativamente em seu desempenho, como a diminuição no ganho de peso, causado pela redução no consumo de alimentos na tentativa de reduzir o incremento calórico (aumento da produção de calor após o consumo do alimento pelo animal). Assim, torna-se fundamental que os galpões de criação contenham sistemas de ventilação e resfriamento, como o sistema de nebulização e o uso de placas evaporativas que são técnicas de resfriamento evaporativo e podem ser associadas à ventilação forçada de pressão positiva ou negativa para que ocorra a troca de ar e amenize essas condições (CORDEIRO et al., 2010).

Dessa forma, o desafio é monitorar o ambiente em que as aves estão e promover o conforto térmico com faixas de temperatura e umidade adequadas para cada fase de criação, de modo que as aves consigam manter sua homeotermia e conseqüentemente, expressarem sua máxima capacidade produtiva. Investir em ambiência relaciona-se diretamente com melhores desempenhos zootécnicos e maior bem-estar para as aves. (ABREU & ABREU, 2011).

Atualmente, questiona-se a zona de conforto térmico para frangos de corte, em cada fase de criação, visto que devido ao intenso processo de melhoramento genético alcançado nas últimas décadas, o resultado foi um frango de corte precoce com menor tolerância a temperaturas ambientais elevadas (NASCIMENTO, 2016).

Apesar de MACARI & FURLAN (2001) e outros autores proporem faixas ótimas de temperatura e umidade relativa do ar para frangos de corte, considerase necessária à sua adequação para as linhagens comercialmente exploradas. A sua determinação deve estar relacionada com a faixa de temperatura e umidade a qual os animais não necessitem ativar mecanismos para dissipação ou ganho de calor, e conseqüentemente, mantenha sua temperatura interna estável. Portanto, é de suma importância estudos dentro da área de bioclimatologia utilizando metodologias para a aferição da zona de conforto térmico dos animais dentro do aviário, como: avaliação da temperatura do ar, umidade relativa, carga térmica de radiação e velocidade dos ventos, aperfeiçoando, assim, a produção avícola intensiva com correta caracterização das variáveis ambientais (FURTADO et al., 2003).

Estudos no ambiente de criação das aves tornam-se imprescindíveis devido a necessidade de controle das variáveis meteorológicas. Portanto, a utilização de câmaras climáticas é uma alternativa para estudos de zona de conforto térmico, cujos parâmetros de temperatura, umidade relativa do ar, concentração de gases, velocidade dos ventos, ambiência lumínica, podem ser controlados dentro de uma faixa pré-estabelecida, além de simular a exposição de seres vivos a situações de conforto ou estresse térmico (TREVISAN et al., 2017). Entretanto, há fatores externos que podem interferir nos resultados de experimentos, como por exemplo, variações climáticas ocasionadas pela incorreta vedação da câmara, a necessidade de o pesquisador entrar na câmara com constantes aberturas da porta para uma observação direta e subjetiva e maior manipulação dos animais, alterando, por conseguinte, as variáveis ambientais, fisiológicas e comportamentais dos animais em estudo (BARBOSA FILHO, 2004).

Para obtermos melhor bem-estar na avicultura devemos estar atentos à integração entre o animal e o ambiente, a fim de que o custo energético dos ajustes fisiológicos sejam os menores possíveis (SOUSA, 2005). Assim, o desenvolvimento de protótipos com ferramentas de fácil aplicabilidade e acesso, e com melhores propostas para o maior controle das condições ambientais de aviários é imperativo. A utilização de protótipos poderá proporcionar um melhor controle das condições climáticas em relação a câmara climática, facilitando o atingimento da temperatura ideal para cada fase de criação de frangos de corte, bem como outras variáveis

climáticas como velocidade do vento, ambiente acústico (ruídos), gases/poeira e o ambiente social (SOUSA, 2005).

Diante da importância dos estudos sobre as características do microambiente e suas influências sobre o comportamento e a produtividade de frangos de corte, esse trabalho é composto por uma revisão de literatura sobre estudo da ambiência e zona de conforto térmico das aves, utilização da termografia de infravermelho como ferramenta de auxílio para o alcance do conforto térmico animal, condições experimentais e utilização de protótipos na avicultura.

Em seguida, apresenta-se o desenvolvimento da construção de um protótipo móvel para a avaliação da zona de conforto térmico e comportamento de frangos de corte em conforto e estresse térmico, bem como as interações entre os animais e o ambiente. O protótipo permite fazer a medição da temperatura superficial das aves e dos equipamentos nele contido por intermédio da câmera de infravermelho, além de poder simular algumas variáveis ambientais como: temperatura, umidade relativa do ar, concentração de gases, velocidade do vento, quantidade e período de exposição à luz benéfica aos animais; ampliando, dessa forma, os estudos sobre a ambiência e as condições ideais de criação para aves de corte. O protótipo possui baixo peso, possibilitando, assim, seu deslocamento para outros locais de pesquisa, além de poder ser remetido a ambientes externos com exposição solar por exemplo, para estudos de ambiência térmica ou outras condições desejáveis pelo pesquisador.

Capítulo 1 - Revisão de Literatura

1.1. Avicultura Brasileira

A cadeia brasileira produtiva de carne de frango se desenvolveu ao longo dos anos, alcançando altos patamares. De acordo com os dados da Associação Brasileira de Proteína Animal - ABPA, em 2017, a produção de carne de frango no Brasil aumentou 1,2% em relação a 2016, totalizando-se 13,056 milhões de toneladas. O consumo per capita passou de 41,1 quilos para 42 quilos, o que representa uma elevação de 1,8% comparado ao ano anterior. As exportações totalizaram em 4,320 milhões de toneladas em 2017. Para o ano de 2018, a previsão é de que a produção de carne de frango cresça entre 2% e 4% em termos de volume produzido e as exportações aumentem entre 1% e 3%, em relação aos resultados de 2017.

Ainda de acordo com a ABPA (2017), o Brasil tende ao aumento da produção refletindo positivamente nas exportações no decorrer dos anos. O fato do Brasil nunca ter registrado a ocorrência de Influenza Aviária em seu território devido a implantação de programas de biossegurança pelo setor produtivo, as boas relações com os mercados internacionais e a comprovação da qualidade de seus produtos, são pontos cruciais para o bom desempenho e desenvolvimento do setor (FACHINELLO et al., 2010).

VOGADO et al. (2016) descreveram que a evolução da avicultura brasileira se deve aos grandes avanços da pesquisa no desenvolvimento de novas técnicas e tecnologias, aumento e intensificação na escala de produção e assim, conseqüentemente, potencializam as exportações. A constante inovação na área de genética, sanidade, nutrição, controle das condições sanitárias e aperfeiçoamento do manejo, contribuíram para que o setor atingisse esse patamar.

Com a larga demanda interna e externa por carne de frango, para manter o bom desempenho e maior rendimento da atividade industrial, o manejo e a ambiência se realizados corretamente e de maneira eficiente, são pontos essenciais em todas as etapas de produção (NAZARENO et al., 2011). Além disso, com o grande destaque no cenário mundial, os principais compradores de carne de

frango impõem condições associados a princípios éticos/sociais, referentes às questões ambientais, boas práticas no bem-estar e garantia da qualidade da carne desde à sua origem até o produto final (VOGADO et al., 2016).

Atualmente, as grandes questões estão relacionadas com a ambiência e a correta adequação das instalações avícolas. As empresas avícolas estão buscando implantar tecnologias e medidas que minimizem os efeitos ambientais negativos dentro dos criatórios, como os fatores estressores (alta densidade de animais, altas temperaturas e umidade, poluição sonora e ambiental e efeito de gases tóxicos do ambiente), aumentando o desempenho produtivo dos frangos de corte (TINÔCO, 2001).

1.2. Equilíbrio Térmico de Frangos de Corte

Os mecanismos de trocas de calor do animal com o ambiente podem ser sensíveis e latentes, sendo esses influenciados pela temperatura ambiental e a umidade relativa do ar (OLIVEIRA, 2006). As trocas de calor por condução, convecção e radiação são chamadas de trocas sensíveis e a forma latente é realizada pela evaporação (NAVAS et al., 2016).

A dissipação e/ou o ganho de calor sensível requer um diferencial de temperatura e velocidade do ar, sendo que o fluxo de calor sempre sai do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura. (MACARI & FURLAN, 2002). O principal meio de dissipação de calor das aves é a evaporação. A dissipação de calor por evaporação tem relação inversamente proporcional a umidade relativa do ar, nesse caso, se a umidade for elevada, a evaporação é lenta, reduzindo-se a perda de calor, alterando o equilíbrio térmico da ave (OLIVEIRA, 2006). O mecanismo latente ocorre devido a um gradiente de pressão de vapor com a mudança de estado das moléculas de água, quando a temperatura ambiente é igual à temperatura do corpo, esse mecanismo representa o único caminho para a perda de calor. A perda latente ocorre pelo mecanismo evaporativo por meio da pele e trato respiratório (SILVA, 2000).

Nos mecanismos sensíveis, a condução térmica é a transferência de energia térmica por meio da movimentação de moléculas/elétrons entre corpos ou entre partes de um mesmo corpo. Para animais em pé, podemos considerar a transferência de calor por condução desprezível. Porém, se considerarmos os animais deitados e em contato com o piso ou alguma estrutura, as trocas de calor por condução devem ser consideradas (NASCIMENTO, 2015). A convecção é a transferência de energia térmica alta para a mais baixa, num fluido, líquido ou gasoso. A radiação térmica é a transferência de energia térmica por meio de ondas eletromagnéticas de um corpo para outro (SILVA, 2000).

Quando o frango sofre estresse por calor são ativados mecanismos fisiológicos com a finalidade de aumentar a dissipação de calor e reduzir a produção metabólica de calor, como o aumento da frequência respiratória com o objetivo de perder calor pelas vias aéreas superiores. (NAZARENO, 2011). O aumento da

frequência respiratória desencadeia diversos efeitos indesejáveis. A quantidade de ar expirado (CO₂) é maior, fazendo com que haja redução na reserva alcalina sanguínea pelo aumento do seu PH e conseqüentemente ocorre o desequilíbrio ácido-básico no sangue. Esta alteração do equilíbrio ácido-base é denominada de alcalose respiratória e pode levar a alta mortalidade das aves (NAVAS et al., 2016).

Ainda no estresse por calor, o organismo da ave aumenta a vasodilatação periférica, intensificando o fluxo sanguíneo para a superfície corporal e áreas não cobertas com penas (pés, crista e barbela), o que facilita a perda de calor para o ambiente (MACARI & FURLAN, 2002). A perda de calor não evaporativo pode também ocorrer com o aumento da produção de urina, se esta perda de água for compensada pelo maior consumo de água fria (RODRIGUES, 2015). Outra grave consequência do estresse por calor é a redução no ganho de peso devido a diminuição no consumo de ração na tentativa de reduzir o incremento calórico produzido pelo metabolismo de nutrientes (OLIVEIRA et al., 2006; NASCIMENTO et al., 2011).

De maneira oposta, à medida que a temperatura corporal diminui durante o estresse pelo frio, é observado uma redução na dissipação de calor e aumento na produção de calor corporal (SILVA & VIEIRA, 2010) ativado pelos mecanismos da termogênese (tremor, vasoconstrição periférica e eriçamento das penas), ainda induzem respostas de conservação de calor para diminuir a transferência térmica para o meio (MACARI & FURLAN, 2002).

1.3. Estudo da Zona de Conforto Térmico Para Aves

De modo geral, as aves são sensíveis ao frio nos primeiros 10 a 15 dias de idade, tendo em vista a habilidade termorreguladora ainda não estar completamente desenvolvida e essas necessitam de temperaturas mais elevadas, com aquecimento artificial para manter o seu conforto térmico (CORDEIRO et al., 2010). Depois de se obter a capacidade termorreguladora, os frangos se tornam sensíveis ao calor até a fase final de crescimento (MACARI & FURLAN, 2002).

A temperatura de conforto para frangos de corte varia principalmente em função da idade (NASCIMENTO, 2016). Para ROSS (2009) a temperatura ambiente de conforto na primeira semana de vida é 32°C, decrescendo até 26°C, 24°C, 20°C durante os períodos de 18 a 21, 22 a 28, 35 a 42 dias de idade, respectivamente. CASSUCE et al., (2013) desenvolveram uma pesquisa para atualizar as temperaturas ambientais que caracterizam o conforto térmico de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade, sob condições brasileira de produção e constataram que os valores de temperatura ambiente que proporcionam maiores ganhos de peso para o crescimento de frangos de corte foram 31,3 °C, 25,5 °C e 21,8 °C, respectivamente para a primeira, segunda e terceira semana de idade. Essas diferenças de temperatura para cada idade dos frangos de corte apresentadas pelos autores se deve principalmente pela decorrência de alterações na genética e nutrição ao longo dos anos (NASCIMENTO, 2016).

Na figura 1 é representado o esquema simplificado do processo fisiológico de termorregulação. As aves e os mamíferos são animais endotérmicos, com elevada taxa metabólicas, e que, portanto, conseguem manter sua temperatura corporal interna relativamente constante, dentro de limites estabelecidos de temperatura ambiente. Esses limites para as aves são “hi” e “hs”, respectivamente (SILVA, 2000).

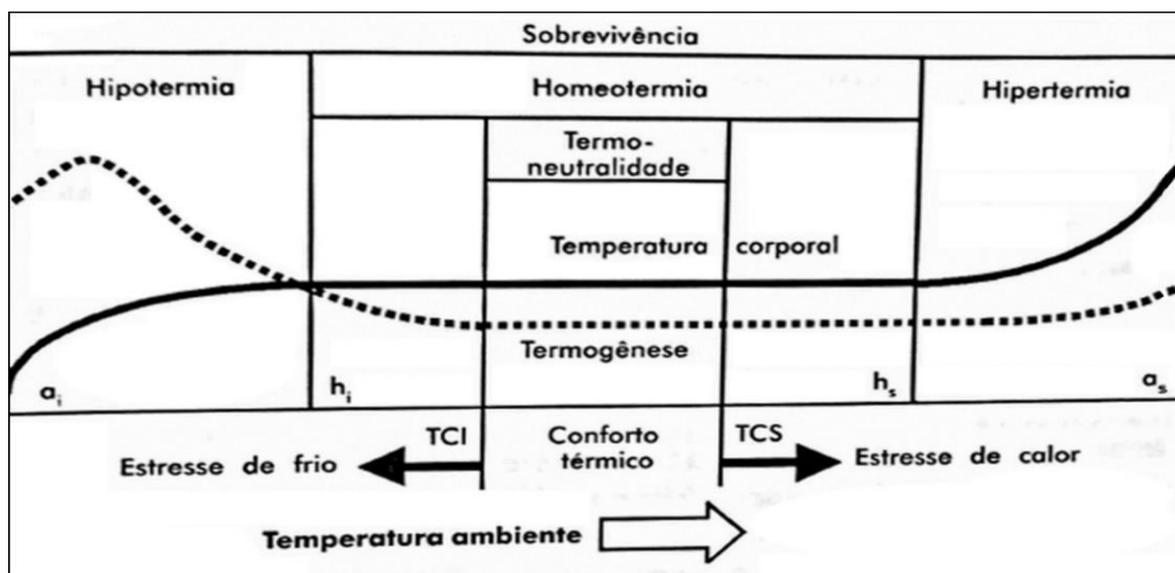


FIGURA 1 – Representação do processo de termorregulação para animais endotérmicos. Fonte: SILVA (2000).

Sob temperaturas ambiente abaixo do seu limite de homeotermia (h_i), o animal não consegue compensar a energia que está perdendo e, conseqüentemente, sua temperatura corporal diminui proporcionalmente à temperatura do ambiente. O limite de sobrevivência do animal é atingido na temperatura ambiente mínima “ a_i ” (SILVA, 2000). Da mesma maneira, o autor afirma que à medida que a temperatura do ambiente sobe, o limite superior da homeotermia é atingido (h_s) e o animal não é mais capaz de impedir que a sua temperatura interna se eleve, atingindo o limite máximo “ a_s ”.

Ainda, dentro da homeotermia, existe a zona térmica “termoneutralidade”, representado pelos limites temperatura crítica inferior (TCI) e temperatura crítica superior (TCS), que representa a faixa de variação da temperatura ambiente, na qual os animais não demonstram nenhum desconforto térmico, pois não são ativados mecanismos físicos e químicos de termorregulação, e assim, o metabolismo é mínimo (SILVA, 2000).

Quando a temperatura se encontra abaixo de seu conforto térmico (TCI), o animal pode desencadear hipotermia, sendo que grande parte da energia ingerida pela ração é desviada para o seu sistema termorregulador e, por conseqüência, o seu bem-estar e desenvolvimento são comprometidos (MACARI & FURLAN, 2002).

Quando a temperatura do ar ultrapassa a TCS, o valor da temperatura corporal sobe, pois, o calor é armazenado no organismo e são ativados mecanismos fisiológicos para dissiparem calor para o ambiente. Temperaturas acima desse valor podem levar a hipertermia com desidratação e redução no consumo de ração. (CORDEIRO et al., 2010).

O ambiente do sistema de criação possui influência direta na condição de conforto, representados por temperatura, umidade, velocidade do ar e radiação, são alguns dos fatores que mais afetam os animais, pois comprometem a função vital mais importante das aves, que é a homeotermia e bem-estar animal, que pode ser alcançado pela minimização dos fatores estressantes como densidade animal, poluição sonora e ambiental e, efeito de gases tóxicos, promovendo, assim, a manutenção do balanço térmico no interior das instalações e na expressão de seus comportamentos naturais(COSTA et al., 2012).

1.4. Ambiência na Avicultura

Os avanços obtidos na área de avicultura têm sido limitados por fatores ambientais aos quais os animais são submetidos, principalmente quando se trata de uma larga produção em galpões com alta densidade de animais. Os parâmetros de ambiência findados corretamente são fundamentais para a ave expressar seu comportamento natural e potencial genético (JACOB, 2015).

As aves dependem de um ambiente interno adequado para poder expressar seu potencial de produção (MENEGALI, 2009). Dessa forma, necessitam de faixas de temperatura e umidade adaptadas para cada fase de criação. Estas faixas, contudo, em função da evolução genética, vem sofrendo alterações ao passar dos anos junto às formas de manejos de criação, densidade de alojamento, intensidade de acondicionamento ambiental a que são submetidos e, por fim, a adaptação e aclimatização de galpões de criação (CASSUCE, 2011). As instalações devem proporcionar um ambiente saudável para as aves com o emprego de sistemas de ventilações artificial ou natural com um manejo adequado, evitando os problemas de produção excessiva de gases nocivos e temperaturas extremas, possibilitando um conforto melhor para as aves (CAMPOS, 2000).

Ainda, a produção de frangos de corte gera um grande volume de resíduos na forma de esterco, efluentes camas e aves mortas. Estes resíduos possuem uma alta concentração de nitrogênio, fósforo, potássio, minerais e carga de bactérias (OVIEDO-RONDON, 2008). A rápida decomposição destes resíduos dentro e fora da produção avícola geram problemas como pó, volatilização de amônia e outros compostos orgânicos que aumentam os odores, além de atrair insetos e roedores (KRISTENSEN et al., 2000).

A ventilação constitui uma das ferramentas mais utilizadas nos aviários capaz de condicionar em boa parte o êxito da produção, reduzindo a umidade produzida no galpão pela respiração das aves, a umidade presente na cama, renovando o ar, auxiliando na remoção do calor produzido na instalação e principalmente eliminando o gás amoniacal que se forma pela fermentação orgânica das camas (LIN et al., 2006).

A ventilação pode ser classificada como, ventilação natural (dinâmica e térmica) ou artificial (mecânica ou forçada), que se divide em pressão positiva (pressurização) e pressão negativa (exaustão), devendo ser utilizada de acordo com as condições climáticas onde o galpão está localizado. A ventilação é um meio conveniente para diminuir a temperatura de bulbo seco por perda convectiva de calor, promovendo: o controle da temperatura ambiental, a eliminação da umidade produzida pela respiração das aves, a renovação do oxigênio ambiental consumido pela respiração das aves, eliminação do gás amoniacal que se forma pela fermentação das camas aviárias (LIMA, 2009). Ainda, a velocidade do ar é o parâmetro que mais influencia a perda de calor sensível e contribui para a capacidade de aclimação dos frangos de corte, aumentando a capacidade das aves em regular a temperatura corporal quando expostas ao estresse térmico (NASCIMENTO et al., 2011).

A ventilação natural permite o controle da temperatura e a umidade do ar ambiental, de tal forma que o ar expelido, quente e úmido, seja substituído por ar puro, eliminando, assim, amônia, gás carbônico e outros gases nocivos. A estruturação de um sistema de ventilação natural é complexa, principalmente porque as quantidades, intensidade e direção dos ventos varia de acordo com a estação do ano (TINÔCO, 2001). O manejo da ventilação dentro dos aviários deve atender as exigências térmicas e higiênicas dos animais, visto que são influenciadas pela construção e localização dos galpões (ABREU, 2003).

A ventilação artificial pode ser por pressão positiva e negativa. O sistema de pressão positiva é composto por ventiladores que tem a função de movimentar o ar no interior do galpão de forma uniforme, onde o ar flui sempre de um ponto de alta pressão para um ponto de baixa pressão (MENEGALI, 2009). A eficiência desse sistema está atrelada quanto à orientação do aviário, manejo da densidade dos lotes e ao volume de ar a ser renovado pelo ventilador. Na ventilação artificial por pressão negativa os exaustores forçam o ar de dentro para fora do aviário por sucção, o que leva a formação parcial de vácuo no interior do galpão, considerando um isolamento adequado com o uso de cortinas. Segundo ABREU (2003), os exaustores devem possibilitar a renovação de ar do aviário a cada minuto com velocidade ideal para manutenção do conforto térmico das aves, sendo que a

eficiência desse processo depende de uma boa vedação do aviário, evitando perdas de ar.

Dentre os parâmetros a serem levados em conta em um projeto de climatização, é importante que se atente a velocidade e a quantidade de ar, visto que a subestimação e a superestimação de ar são prejudiciais, pois além de gastos desnecessários de energia, o ambiente pode ficar seco provocando a produção excessiva de pó e problemas respiratórios nas aves, pois qualquer sistema de ventilação para ser eficiente necessita de atenção quanto ao seu funcionamento adequado (FURTADO et., 2003).

Assim sendo, a produtividade satisfatória dos frangos depende, entre outros fatores, das condições térmicas do ambiente de alojamento, prestando a redução dos efeitos climáticos indesejáveis, sendo necessário, portanto, a caracterização da sua ambiência (ABREU et al., 1999). Aliado a isso, é de suma importância que os aviários possuam uma adequada densidade de animais no alojamento, mecanismos para o condicionamento térmico ambiental ideal, com sistemas de resfriamento do ar e climatização do ambiente, reduzindo o estresse térmico e alterações comportamentais, possibilitando as aves alcançarem um bom desempenho produtivo e redução na taxa de mortalidade (SILVA & VIEIRA, 2010).

1.5. Comportamento das aves (em estresse por frio/calor e conforto térmico)

A preocupação em se atingir o bem-estar dos animais em uma produção avícola vem, ao longo dos anos ganhando maior importância pela complexidade com que os fatores de produção estão correlacionados (SEVEGNANI et al., 2005). Inserido nesse contexto, há diversos fatores ambientais que influenciam a produção, o comportamento, a condição fisiológica dos animais e, conseqüentemente o bem-estar na criação de frangos de corte (SILVA et al., 2003).

A intensificação dos sistemas de produção de aves durante as últimas décadas levou a um aumento das emissões de poluentes aéreos. Um deles é o gás amoníaco que é um dos poluentes mais abundantes nos sistemas de criações de aves. Esse gás é considerado nocivo e maximiza a má qualidade do ar e o bemestar das aves, pois envolvem interações complexas entre fisiologia, comportamento e doença (KRISTENSEN et al., 2000). Concentrações elevadas de amônia causam redução no consumo de ração, impedem o crescimento adequado, além de afetar a saúde das aves danificando as mucosas oculares e o sistema respiratório (POKHAREL et al., 2017).

KRISTENSEN et al., (2000) estudaram o comportamento de aves submetidas a diferentes concentrações de amônia. O experimento foi realizado em uma câmara de preferência ambiental dividida em três compartimentos e cada um com concentrações de amônia de 0, 25 e 45 ppm. Seis aves foram mantidas em cada compartimento da câmara por 48 horas de duração. Esse período foi escolhido para imitar a crônica exposição que as aves sofrem na produção comercial. O resultado obtido foi de que as concentrações de amônia de 25 e 45 ppm tem um efeito significativo no tempo de forrageamento dos animais, sendo que as aves passaram muito mais tempo forrageando, descansando e se alimentando no compartimento com ar fresco do que nos ambientes poluídos com amônia. A quantidade de vezes em que as aves tiveram contato físico com seu próprio corpo foi significativamente afetada e reduzida pela concentração de amônia, isso porque as penas quando em contato com esse poluente podem ter adquirido um gosto ou cheiro aversivo, indicando comprometimento do bem-estar. Essas evidências de

mudanças comportamentais deste estudo sugere um limiar para a aversão a amônia a 25 ppm ou menos.

Estudos anteriores já indicavam que a alimentação é afetada por altas concentrações de amônia e os efeitos comportamentais que esse gás nocivo pode causar (OVIEDO-RONDON, 2008). As aves tornam-se mais alertas e vigilantes quando detectam a presença de amônia e, ainda, expressam comportamentos aversivos como espanto, sacudidas e paralisação da cabeça (POKHAREL et al., 2017).

Outro fator economicamente limitante na produção de frangos de corte é o estresse calórico, visto que as aves respondem de maneira diferente, dependendo da oscilação da temperatura, umidade relativa, radiação térmica e velocidade do ar dentro de um aviário (OLIVEIRA et al., 2016). Esses fatores térmicos são os que mais afetam diretamente as aves, pois podem comprometer sua homeotermia (DAMASCENO et al., 2010).

Para as aves aumentarem a dissipação de calor para o meio ambiente em situações de estresse por calor, elas procuram se dispersarem em relação às outras aves; maximizam a área de superfície corporal, mantendo as asas afastadas do corpo, agachando; aumentam o fluxo sanguíneo para os tecidos periféricos não cobertos com penas, como a barbela, pés e crista (MACARI & FURLAN, 2002; SCHIASSI et al., 2015). Resultados do trabalho de SEVEGNANI et al. (2005) demonstram ainda, que a idade da ave também é relevante no que diz respeito ao comportamento frente às altas temperaturas, visto que quanto maior a temperatura e mais velha a ave, maior é a ingestão de água e menor é a ingestão de alimentos, em virtude do seu maior tamanho. MACARI & FURLAN (2002) afirmam ainda, que a temperatura da água deve estar próxima a 20° C, pois temperaturas acima do recomendado podem reduzir a frequência do uso de bebedouros pelas aves.

O estresse por calor também leva a taquipneia, e é visível que aves submetidas a altas temperaturas ficam com a respiração ofegante, com o propósito de perder calor para o ambiente pelo mecanismo evaporativo e conseqüentemente, abrem o bico para facilitar a expiração e inspiração (MACARI & FURLAN, 2002). BARBOSA FILHO (2004) cita que diante o estresse térmico por calor, as aves se mantêm por mais tempo sentadas e paradas para manter o metabolismo mínimo com reduzida

produção de calor, além do mais, podem apresentar agressividade e estresse contra si e outros animais, como bicadas na crista e em outras partes do corpo.

Já no estresse por frio, os animais aumentam a ingestão de alimentos para ampliar a temperatura corporal interna, gerado pelo metabolismo dos nutrientes e tendem a ficarem agrupados para elevar o calor corporal pelo mecanismo sensível condução, com o objetivo de se aquecerem (SCHIASI et al., 2015).

As aves de corte quando em conforto térmico apresentam indicadores de bem-estar como bater e esticar as asas e chacoalhar as penas. São comportamentos não vistos quando as aves estão em condições de estresse térmico e condicionadas em pequenos espaços com alta densidade de animais, que impedem tais movimentos (BARBOSA FILHO, 2004).

SEVEGNANI et al. (2005) apontam em estudos que o uso de câmeras de vídeo é uma alternativa efetiva para a análise de comportamento de frangos de corte em conforto e estresse térmico, visto que os dados podem ser analisados em tempo real, sem a interferência no comportamento animal pela presença do pesquisador.

Atribuída à importância da avicultura de corte para a economia brasileira, é de suma importância compreender e identificar novos indicadores de bem-estar inerentes ao animal que contribui para o aumento da eficácia produtiva, estudandose diferentes reações comportamentais de matrizes de frango de corte (PEREIRA et al., 2005).

1.6. Termografia de Infravermelho

Nos países de clima tropical, um dos maiores desafios de produção são os fatores ambientais, os quais são limitadores para o bem-estar e uma alta produtividade (SEVEGNANI, 2005). Entretanto, esse cenário está mudando e evoluindo mediante a amplificação de tecnologias e sistemas que permitam o monitoramento dos animais e seu ambiente, produção, crescimento e saúde, potencializando a eficiência na produção.

As instalações avícolas devem compreender um ambiente de conforto térmico que disponha aos animais a capacidade de expressar todo o seu potencial genético para produção, uma vez que a temperatura superficial das penas e da pele das aves está correlacionada com a temperatura do ar e a temperatura superficial da instalação (NASCIMENTO, et al., 2011). Diante disso, nos últimos anos expandiu-se o uso de câmeras termográficas por infravermelho para medir o conforto térmico animal e mapear o calor por intermédio da temperatura superficial das aves, com resultados eficientes e precisos (NASCIMENTO, et al., 2014).

A medida de temperatura superficial ou de pele pode ser registrada sem interferência na condição do indivíduo, à distância e com precisão em animais que apresentam transferência de calor limitada, seja por penas ou pelagem (GRACIANO, 2013).

NASCIMENTO et al., (2014) utilizaram a termografia de infravermelho na estimativa de conforto térmico de frangos de corte capturando fotos termográficas de quatro partes de um aviário: da cama de frango, do forro, da cortina lateral e das aves. Com base nessas imagens, calculou-se a temperatura superficial média das aves e da instalação, selecionando-se 30 pontos na área da imagem para o cálculo da temperatura medida dessas seleções. Para comparar as condições térmicas interna no aviário foram utilizadas as fotos termográficas panorâmicas (Figura 1A e 1B) as quais foram registradas semanalmente e no mesmo momento.

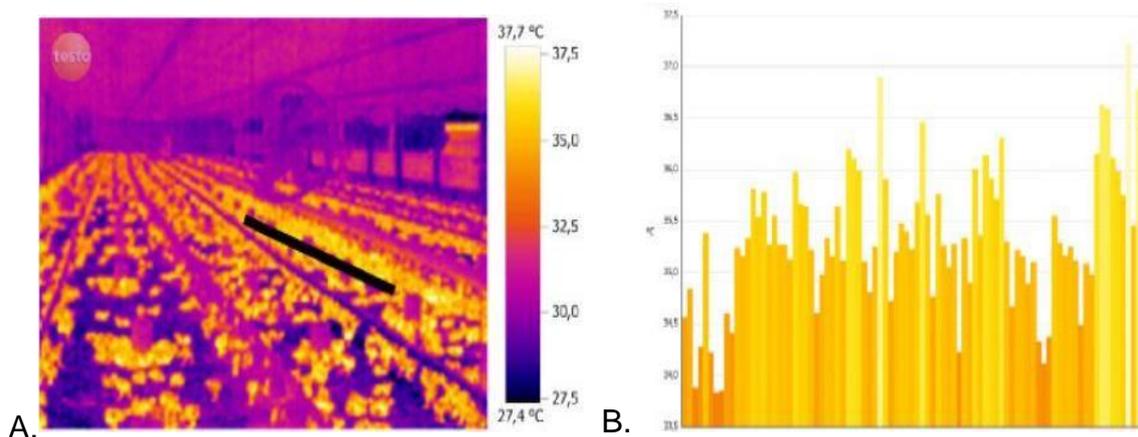


FIGURA 2 - Imagem termográfica do interior de um aviário (A) e o histograma do perfil térmico das aves (B) selecionadas na reta indicada em (A). Fonte: NASCIMENTO et al., (2014).

Os autores concluíram em seu trabalho que a temperatura superficial média das aves está fortemente associada com as temperaturas superficiais das estruturas e dos equipamentos da instalação. A associação entre as temperaturas superficiais da instalação e das aves confirma, por sua vez, a importância do uso de materiais de construção com baixa condutividade térmica que ajudam a manter o isolamento térmico das temperaturas externas e diminui a transferência de calor da instalação para os animais (NASCIMENTO et al., 2014).

A termografia de infravermelho é um método confiável e não invasivo, composto de um sistema infravermelho capaz de fazer a medição da temperatura superficial de diferentes áreas em tempo real de um ou vários animais simultaneamente à distância (CHACUR et al., 2016). A câmara capta a energia eletromagnética emitida pelos corpos, com intensidade proporcional à sua temperatura e registra em imagens termográficas sendo interpretado por software, em que as diferentes temperaturas da superfície do objeto são apresentadas com diferentes cores, numa escala escolhida pelo utilizador (ÁVALO, 2014), sem a necessidade de contato físico, minimizando assim, as variações nas respostas fisiológicas. Ainda, a técnica aponta vantagens em relação a outros métodos (GRACIANO, 2013). Podemos citar o uso do termômetro de contato como exemplo, que necessita manipular os animais, causando situações de estresse, tornando-se um método inconveniente (CHACUR et al., 2016).

A termografia por infravermelho é utilizada em diversas áreas, como: construções, instalações, diagnóstico precoce de patologias que desencadeiam aumento da temperatura de tecidos, e, finalmente, na produção animal aumentando sua efetividade (GRACIANO, 2013). Apesar da aplicação da termografia em frangos de corte ser considerada difícil, visto que as penas possuem uma boa propriedade isolante, bloqueando parte das emissões da pele, a técnica tem sido empregada no estudo do conforto térmico animal com sucesso, em que registra a temperatura superficial das aves no ambiente de alojamento (ÁVALO, 2014).

É importante ressaltar que existem fatores que podem influenciar no resultado das medições, como em situações quando a aferição é feita sob exposição de radiação solar e sujidades, podendo ocasionar falsos negativos (FERREIRA et al., 2016). Como a radiação eletromagnética é emitida em linhas retas, deve-se posicionar a câmera o mais perpendicularmente possível a superfície da ave (MONTEIRO & LEDER, 2011), nas mesmas condições para repetições de exames subsequentes, de modo que não fique muito distante do corpo que se deseja obter a imagem, pois a resolução da imagem é afetada (FERREIRA et al., 2016).

A escolha da emissividade da câmera deve-se levar em conta o objeto a ser analisado. A emissão da radiação eletromagnética depende de uma propriedade chamada emissividade, que apresenta valores na faixa de 0 a 1. Superfícies com baixos valores de emissividade próximos a 0 são altamente refletores, enquanto valores próximos a 1 são perfeitos emissores, propriedade esta que fornece a capacidade de emissão de energia de uma superfície em relação a um corpo negro (MONTEIRO & LEDER, 2011). No caso de a emissividade ser baixa, a distância entre câmera e objeto ser grande e, a temperatura do objeto estar relativamente próxima a do ambiente, será necessário regular e compensar. Geralmente, o coeficiente de emissividade adotado para regiões com penas e frangos pós-nascimento é de 0,94 e para as regiões sem penas 0,95; essas estimativas estão dentro da faixa de valores de emissividade para material biológico (NÄÄS et al., 2010).

Desse modo, o entendimento sobre as condições ideais de ambiência relacionadas ao conforto térmico na criação dos animais vem ganhando destaque, pois são decisivos e indispensáveis para o aumento da lucratividade final e redução

das perdas por mortalidade e prejuízos durante todo o processo produtivo (SILVA & VIEIRA, 2010).

1.7. Condições Experimentais na Avicultura

Com a evolução da produção avícola, as instalações tiveram que passar por adaptações físicas para alcançar os índices de produtividade desejados pelos padrões da genética (RODRIGUES, 2015). A crescente importância da questão climática e da sustentabilidade do ambiente construído dão impulsos para os estudos do conforto ambiental e da arquitetura bioclimática (TREVISAN et al., 2017).

O uso da câmara climática é uma alternativa para estudos de ambiência térmica e é definida como um volume fechado que permite controlar variáveis ambientais e pessoais, além de simular a exposição de seres vivos a situações de conforto ou stress térmico. (TREVISAN et al., 2017).

Estudar a preferência ou aversão do animal com relação ao ambiente térmico pode ser uma ferramenta útil para auxiliar no estabelecimento de um adequado manejo. A manifestação da preferência pode estar relacionada com o bem-estar. Nos testes de preferência são dados aos animais duas ou mais opções de recursos para escolha, permitindo, assim, escolher o ambiente de sua preferência (MAIA, 2014).

MAIA (2014) desenvolveu uma Câmara de Preferência Ambiental (CPA) para realização de testes de avaliação de preferência ou aversão de frangos de corte a diferentes tipos de ambientes para analisar respostas comportamentais quanto a diferentes condições de temperatura do ar (Figura 3). A câmara foi projetada para estudos com animais de pequeno porte, principalmente frangos de corte, e para controle do ambiente quanto à temperatura do ar e umidade relativa. A CPA consistiu em três compartimentos conectados em paralelo (1,6 m x 1,4 m x 3,0m, comprimento, largura e altura, respectivamente) separados por uma parede de acrílico transparente e interligados ao compartimento adjacente por uma porta com abertura e fechamento automático com sensores de movimento, a qual permite a passagem dos animais de um compartimento para outro. Esta porta foi projetada a fim de minimizar a troca de ar de um compartimento para o seu adjacente, garantindo a estabilidade dos diferentes ambientes durante um teste de preferência.

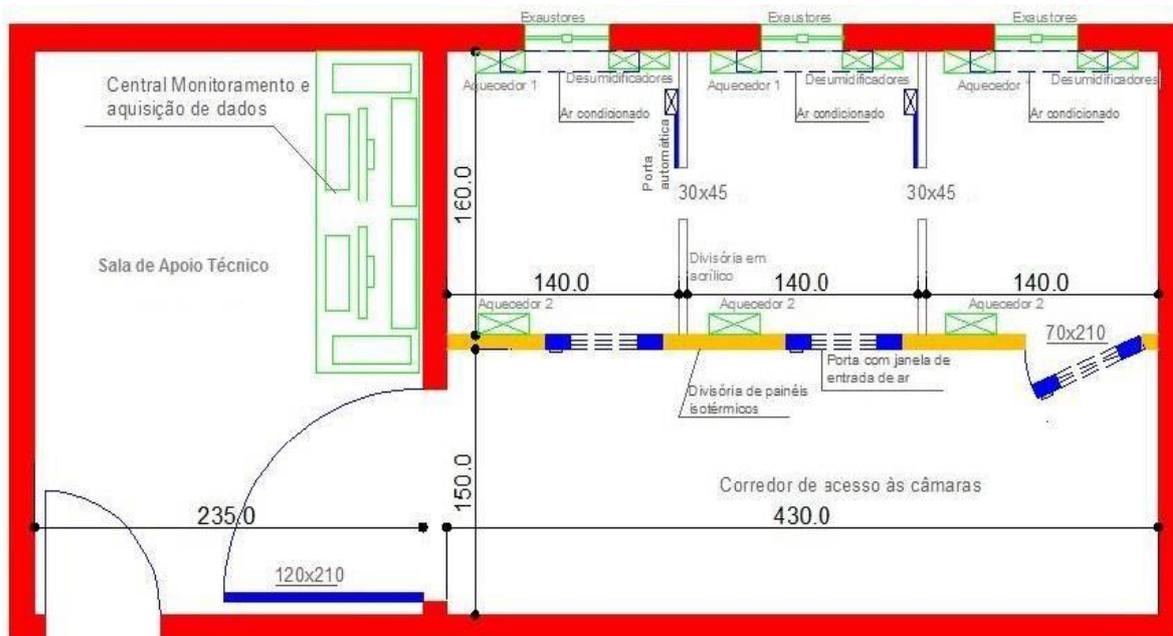


FIGURA 3 – Planta baixa da sala da câmara climática: apoio técnico e a Câmara de Preferência Ambiental. Fonte: MAIA (2014).

Cada compartimento era composto de uma porta de acesso a um corredor principal com comedouro e bebedouro, permitindo o manejo de forma independente, e outros equipamentos: sensor de temperatura do ar, um aparelho de ar condicionado e dois aquecedores para controle da temperatura; um sensor de umidade relativa do ar e dois desumidificadores para monitoramento da umidade; um exaustor para renovação do ar; e uma câmera de vídeo para monitoramento do comportamento das aves. Um sistema automatizado para controle e aquisição de dados foi desenvolvido para manipular os dados de ambiente térmico (temperatura do ar e umidade relativa). Toda automação foi controlada em uma sala de apoio técnico, que permitiu, também, monitorar e analisar o comportamento dos animais. Assim, quaisquer desvios de fatores controláveis, como a temperatura, poderiam ser corrigidos (MAIA, 2014).

A experimentação consistiu em aplicar duas condições de temperatura (termoneutralidade e estresse por calor) nos três compartimentos da CPA e avaliar o tempo de permanência e o comportamento dos frangos de corte em cada condição. Por meio desse teste, acreditava-se que as aves evitariam o ambiente de estresse e permaneceriam no ambiente que proporcionasse a condição de conforto.

A temperatura do ar é a principal variável nessa avaliação, visto que os frangos de corte são muito sensíveis ao estresse por calor e tendem a procurar ambientes mais confortáveis (MAIA, 2014).

Nove frangos com 18 dias de idade foram separados em três grupos de três aves e cada grupo foi alojado em um compartimento. Em um compartimento criou-se um ambiente com temperatura termoneutra (24 ± 2 °C) e nos outros dois compartimentos um ambiente com alta temperatura (31 ± 2 °C). As duas condições de temperatura foram atribuídas aleatoriamente aos três compartimentos da CPA em três períodos, de modo que o ambiente termoneutro fosse aplicado em todos os compartimentos. A umidade relativa foi programada para manter-se em torno de $60 \pm 10\%$ em todos os compartimentos. Para complementar os resultados de ocupação da câmara, foi conduzida uma análise de comportamento para verificar a atividade dos animais durante as visitas em cada ambiente (MAIA, 2014).

Durante o período experimental, os frangos evitaram o ambiente de estresse por calor, e, quando ficavam nesse local, permaneciam por um curto período de tempo. As aves passaram a maior parte do tempo dentro da câmara no ambiente de termoneutralidade, cerca de 93%, e a escolha por esse ambiente persistiu por todo o período experimental. Por outro lado, dois fatores podem explicar a visita das aves ao ambiente de estresse pelo calor, e incluem: qualidade da água do bebedouro e identificação de mudanças no ambiente, visto que as aves tendem a retornar ao ambiente visitado para verificar se houve alguma alteração. Durante o teste, foram utilizados bebedouros do tipo pendular para fornecimento de água. Nesse tipo de bebedouro, a água pode ser facilmente contaminada por resíduos de ração, penas, poeira e cama, reduzindo a qualidade. Esse fator pode ter levado os animais a buscarem uma nova fonte de água potável nas câmaras com temperatura de estresse, visto que nesses ambientes havia uma incidência menor de aves e, logo, menor proporção de contaminação (MAIA, 2014).

É possível apontar algumas limitações nesse teste. Primeiro, apesar de a autora considerar o experimento econômico, verifica-se a necessidade de se ter equipamentos em quantidade suficiente para três compartimentos, não sendo, assim, um experimento de baixo custo. Segundo, as câmaras são fixas, o que gera a necessidade de se construir outros compartimentos em locais novos de teste. Terceiro, a quantidade de aves em cada compartimento não representa com mais

fidedignidade a quantidade em um aviário real, sendo alojada uma quantidade muito pequena, o que repercute, conseqüentemente, no comportamento do animal.

Ainda, é importante salientar que há condições experimentais que impedem os animais expressarem o seu comportamento natural, levando a interpretações comportamentais errôneas, uma vez que o comportamento está intrinsecamente ligado ao conforto térmico e ao bem-estar animal. (PEREIRA et al., 2005). A necessidade de o pesquisador entrar na câmara para uma observação direta e subjetiva, muitas vezes com constantes aberturas da porta para uma maior manipulação dos animais, alteram os fatores fisiológicos, ambientais e comportamentais (BARBOSA FILHO, 2004). Dessa forma, a observação do comportamento com as câmeras de vídeo é uma alternativa eficiente e barata, pois permite que os dados sejam analisados a qualquer tempo sem a interferência do comportamento pela presença humana (SEVEGNANI, 2005).

Portanto, o desafio é o desenvolvimento de metodologias mais convenientes, que avaliem as reais necessidades ambientais das aves, minimizando também os riscos de erros, com manutenções adequadas dos equipamentos para o acionamento de controles de sistemas de climatização (PEREIRA et al., 2005). A necessidade do controle das variações climáticas externas à câmara a dificuldade em manter a umidade relativa ideal à condição pretendida, falhas na ventilação e distribuição de vapor, vedação inadequada da porta de entrada e saída, queda de energia que pode ser fatal para os animais, são alguns dos exemplos que podem trazer conseqüências negativas à confiabilidade dos dados. As aves por serem sensíveis a alterações da temperatura do ambiente e se submetidas a condições de estresse térmico, o seu bem-estar e o seu desempenho produtivo serão significativamente afetados (TREVISAN et al., 2017).

1.8 Utilização de Protótipos na Avicultura

A utilização de protótipos para pesquisas pode ser uma alternativa à câmara climática no controle de fatores ambientais, como a intensidade luminosa, temperatura ambiental, umidade relativa do ar, velocidade e qualidade do ar, concentração de gases e poluentes, e percepção sensorial dos frangos de corte nos ambientes de criação, trazendo ganhos quanto ao comportamento animal, repercutindo no bem-estar e conseqüentemente na produtividade (TREVISAN et al., 2017). Desse modo, o aprimoramento no controle do ambiente dentro das instalações avícolas é um fator crítico a ser considerado quando se busca melhor desempenho produtivo e bem-estar animal (ABREU & ABREU, 2011).

POKHAREL et al., (2017) desenvolveram uma câmara experimental (Figura 3) para testar se as galinhas poedeiras diferenciam entre ar fresco com nenhuma concentração de amônia, misturas de ar com amônia de origem artificial (gás cilindro) e natural (a partir de excretas de galinha); e como a exposição a amônia afeta o comportamento das aves de forrageamento e aversivo. A câmara experimental (1 x 0,4 x 0,76 m³) foi construída com material de policarbonato sob encomenda e consistia em dois compartimentos: um compartimento de suporte (0,4 x 0,4 x 0,76 m³) e um compartimento de teste (0,6 x 0,4 x 0,76 m³). O compartimento de suporte levava as aves ao compartimento de teste através de uma porta de guilhotina, operada por uma corda. O compartimento de teste continha comedouro e abaixo desse compartimento estava o estrume e o compartimento de gás artificial (0,6 x 0,4 x 0,15 m³). O estrume e o compartimento de gás foram conectados ao compartimento de teste através de pequenos orifícios presentes em todo o piso do compartimento.

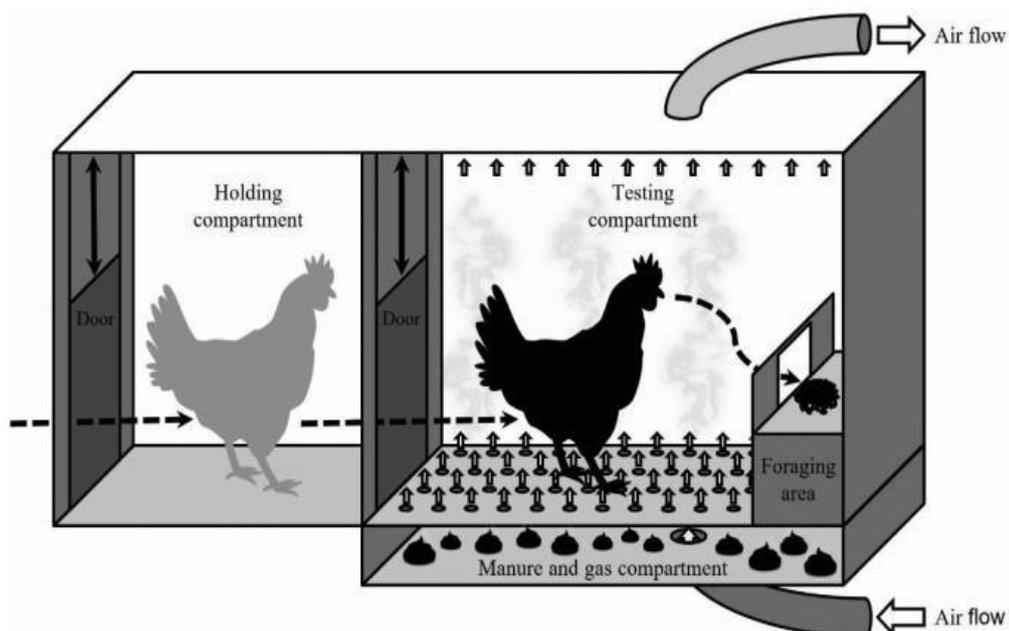


FIGURA 4 – Câmara experimental de policarbonato dividida em dois compartimentos (suporte e teste). O compartimento de suporte (0,4 x 0,4 x 0,76 m³) levava as aves ao compartimento de teste (0,6 x 0,4 x 0,76 m³) através de uma porta de guilhotina. O compartimento de teste continha comedouro e abaixo, o estrume e o compartimento de gás. Fonte: POKHAREL et al., (2017).

Para testes com misturas de ar com amônia de origem natural, eram necessárias uma média de 590 e 690 gramas de excretas frescas mantidas em repouso no compartimento de teste por aproximadamente 45 minutos para produzir 25 e 45 ppm de amônia, respectivamente. Uma bomba foi usada para misturar adequadamente o ar no compartimento do teste, retirando o ar do compartimento de esterco abaixo do comedouro e introduzindo na parte superior do comedouro (POKHAREL et al., 2017).

Foram utilizadas 20 aves e cada uma foi exposta a um estímulo (ar fresco; ar com amônia de origem artificial e ar com amônia de origem de excretas, ambas com 25 e 45 ppm de amônia) por dia. Uma vez que a concentração desejada de gás fosse alcançada no compartimento de teste, uma ave individual era colocada no compartimento de espera, que fornecia visão clara do compartimento de teste e da recompensa alimentar. Quando a ave colocava os dois pés no compartimento de teste, a porta da guilhotina era fechada, ela então permanecia nesse compartimento por 5 minutos e era removida. Após o teste, todo o aparato

experimental era limpo e desinfetado com álcool etílico e seco ao ar para preparar o próximo lote de teste (POKHAREL et al., 2017).

Para a análise dos resultados, uma câmera de vídeo foi instalada na lateral do compartimento de teste e conectada a um iPad externo para operar a câmera sem perturbar as galinhas durante as condições experimentais. Os resultados confirmaram que a amônia age como um estímulo aversivo para galinhas. As aves gastaram mais tempo em forrageamento no ambiente com ar fresco, em comparação aos ambientes amonizados. O número de episódios de forrageamento foi maior no tratamento em ambiente com mistura de ar com amônia de fonte natural comparado ao tratamento em ambiente com mistura de ar com amônia de origem artificial, ambas nas mesmas concentrações. Além do mais, as aves apresentaram respostas aversivas por longos períodos de tempo no tratamento com amônia de origem artificial em comparação ao de origem natural. Uma interpretação para esse achado é que os estímulos olfativos familiares que acompanham a amônia dos excrementos podem ter atenuado a resposta aversiva a amônia (POKHAREL et al., 2017).

A partir desse experimento, é possível mostrar que as galinhas são capazes de detectar ambientes amonizados e também são capazes de diferenciar entre ambientes amonizados produzidos a partir de excretas de galinhas e aqueles de um cilindro com amônia artificial (POKHAREL et al., 2017).

Ainda, é possível citar alguns pontos interessantes quanto ao desenvolvimento da câmara utilizada nesse experimento. O material policarbonato empregado na construção do aparato possui características de transparência, alta resistência mecânica e vantagens como seu baixo peso, excelente isolamento termo-acústico, que o tem tornado muito conhecido e utilizado em aplicações diversas (SODRÉ, 2010). No compartimento de espera, as aves tinham uma visão clara da recompensa alimentar da porta transparente. A antecipação positiva da recompensa pode ter influenciado as decisões das aves antes que elas soubessem da presença de amônia nos testes. Ainda, a câmara era pequena e totalmente selada e isso garantiu o nível correto de amônia ao longo do experimento, pois a rápida difusão de amônia pode interferir na estimativa precisa das concentrações desejadas. Os achados nesse estudo podem fornecer novas abordagens para o teste comportamental de aves em ambiente amoníaco, além disso, os resultados

podem ter implicações para recomendações sobre os níveis de amônia dentro dos aviários (POKHAREL et al., 2017).

Com o avanço tecnológico, as atividades manuais para o controle ambiental e manejo de aviários, antes exercidas pelos operadores estão sendo substituídas pela automatização dos sistemas de controle perante a modernização, isso porque parte da modernização tecnológica se tornou viável financeiramente para ser aplicada na avicultura. SANTOS et al. (2014) desenvolveram um protótipo para controlar a temperatura em um aviário, utilizando a plataforma arduino e componentes eletrônicos (sensores). O protótipo foi validado pelo funcionamento do sistema, considerando as características necessárias ao controle de temperatura de um aviário, e o microcontrolador aponta como grande vantagem o custo baixo.

O desenvolvimento de protótipos móveis, de baixo custo, com ferramentas de fácil aplicabilidade, e com melhores propostas para maior controle das condições ambientais e com menor intervenção no comportamento dos animais é fundamental (TREVISAN et al., 2017). O desenvolvimento de protótipos poderá proporcionar um melhor controle das condições climáticas, facilitando o atingimento da temperatura ideal para cada fase de criação de frangos de corte. Nesse contexto, torna-se de extrema importância a elaboração de novos métodos para a avaliação da zona de conforto térmico de frangos de corte ao longo do ciclo de criação, com a possibilidade do seu deslocamento para outros locais para posteriores estudos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, P. G.; ABREU, V. M. N.; MAZZUCO, H. **Uso do resfriamento evaporativo (adiabático) na criação de frangos de corte**. Concórdia: EMBRAPA-CNPISA, 1999. 50 p. (EMBRAPA-CNPISA. Documentos, 59).

ABREU, P.G. **Sistemas de Produção de Frangos de Corte**. EMBRAPA. CNPISA. ISSN 1678-8850, versão eletrônica. Jan/ 2003. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Ave/ProducaodeFrangodeCorte/Ventila-verao-i.html>. Acesso em 09/07/2018.

ABREU, V. M. N.; ABREU, P. G. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Concórdia, v.40, p.1-14, 2011.

Associação Brasileira de Proteína Animal - ABPA, **Projeções e perspectivas da avicultura e da suinocultura** [online], 2017. Disponível em: <http://abpabr.com.br/noticia/artigos/todas/projecoes-e-perspectivas-da-avicultura-e-dasuinocultura-2285>. Acesso em 25 abr. 2018.

Associação Brasileira de Proteína Animal - ABPA, **Receita das exportações de carne de frango encerra 2017 com alta de 5,7%** [online], 2018. Disponível em: <http://abpa-br.com.br/noticia/artigos/todas/receita-das-exportacoes-de-carne-defrango-encerra-2017-com-alta-de-57-2298>. Acesso em 25 abr. 2018.

ÁVALO, H. **Estimativa do conforto térmico em aviário de frango de corte usando termografia infravermelha**. 2014. 45 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados.

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

CAMPOS, E. J. O Comportamento das Aves. **Rev. Bras. Cienc. Avic**, Campinas, v.2, n.2, p.93-113, Agos. 2000.

CASSUCE, D.C. **Determinação das faixas de conforto térmico para frangos de corte de diferentes idades criados no Brasil**. 2011. 91 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CASSUCE, D. C.; TINÔCO, I. F. F.; BAÊTA, F. C.; ZOLNIER, S.; CECON, P. R.; VIEIRA, M. F. A. Thermal comfort temperature update for broiler chickens up to 21 days of age. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.33, n.1, p. 28-36, feb. 2013.

CHACUR, M. G. M.; SOUZA, C. D.; ANDRADE, I. B.; BASTOS, G. P.; DEAK, F. L. G.; SOUZA, M. G. R.; CORNACINI, G. F.; JUNIOR, A. P. M. Aplicações da termografia por infravermelho na reprodução animal e bem-estar em animais

domésticos e silvestres. **Revista Brasileira de Reprodução Animal** [online], v.40, p.88-94, jul./set. 2016. Disponível em: [http://cbra.org.br/portal/downloads/publicacoes/rbra/v40/n3/p08894%20\(RB600\).pdf](http://cbra.org.br/portal/downloads/publicacoes/rbra/v40/n3/p08894%20(RB600).pdf). Acesso em: 15 maio. 2018.

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

COSTA, E. M. S.; DOURADO, L. R. B.; MERVAL, R. R. Medidas para avaliar o conforto térmico em aves. **PUBVET**, Londrina, v.6, n.31, Ed. 218, Art. 1452, 2012.

DAHLKE, F.; GONZALES, E.; GADELHA, A.C.; MAIORKA, A.; BORGES, S.A.; ROSA, P.S.; FILHO, D.E.F.; FURLAN, R.L. Feathering, triiodothyronine and thyroxine plasma levels and body temperature of two broiler lines raised under different temperatures. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.3, p.664-670, 2005.

DILTON, S. **Construção e análise de desempenho de um sistema de aquecimento solar de água utilizando placa de policarbonato como superfície absorvedora**. 2010. 75 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

FACHINELLO, A. L.; FERREIRA FILHO, J. B. S. Gripe aviária no Brasil: uma análise econômica de equilíbrio geral. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, n. 3, v.48, p.539-566, Jul./Sept. 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-20032010000300003>. Acesso em: 08 julho. 2018.

FERREIRA, K. D.; FILHO, S. H. A.; BERTOLINO, J. F.; SILVA, A. F.; VULCANI, V. A. S. Termografia por infravermelho em medicina veterinária. **Revista Enciclopédia Biosfera**, n. 23, v.13, Goiânia: Editora Centro Científico Conhecer, jun. 2016, p.1299.

FURLAN, R. L.; MACARI, M. Termorregulação. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia Aviária Aplicada a Frangos de Corte**. Jaboticabal: FUNEP, 2002. cap.17, p. 209-230.

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

GRACIANO, D. E. **Aplicações da termografia infravermelha na produção animal**. 2013. 52 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados.

JACOB, F. G. **Ambiência e problemas locomotores em frangos de corte**, 2015. 82 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

KLEIN, D. R. **Comportamento de frangos de corte em diferentes condições térmicas**. 2016. 71 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

KRISTENSEN, H. H.; BURGESS, L. R.; DEMMERS, T. G. H.; WHATES, C. M. The preferences of laying hens for different concentrations of atmospheric ammonia. **Appl. Anim. Behav. Sci.** v. 68, Issue 4, p. 307-318. Jul. 2000.

LIMA, K. A. O. **Avaliação de sistemas de ventilação mecanizada por pressão positiva e negativa utilizados na avicultura de corte**. 2011. 189 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

LIN, H.; HAO, H.C.; BUYSE, J.; DECUYPERE, E. Strategies for preventing heat stress in poultry. **Poultry Science**, v.65. p.71-95.2006.

MACHADO, E. S.; NÄÄS, I. A.; GARCIA, R. G.; ARAUJO, F. E.; LIMA, N. D. S.; NUNES, K. C. Termografia infravermelha como medida de bem-estar para frangos de corte em diferentes fases de criação. In: **ENCONTRO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA**, 8., 2014, Dourados.

MAIA, A. P. A. **Desenvolvimento de uma câmara para teste de preferência**. 2014. 172 p. Campinas. Tese (Doutorado), Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

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

MONTEIRO, J. R. V.; LEDER, S. M. A aplicação da termografia como ferramenta de investigação térmica no espaço urbano. In: **VI ENCONTRO NACIONAL E IV ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS**, 6., 2011, Vitória.

NÄÄS, I.A.; ROMANINI, C.E.B.; NEVES, D.P.; NASCIMENTO, G.R.; VERCELLINO, R.A. Broiler surface temperature distribution of 42-day old chickens. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.67, n.5, p.497-502, 2010.

NASCIMENTO, D. C. N. **Desempenho, descrição do crescimento e produção de calor de frangos de corte de três linhagens comerciais**. 2016. 109 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí, Teresina.

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

NASCIMENTO, G. R.; NÄÄS, I. A.; PERDEIRA, D. F.; BARACHO, M. S.; GARCIA, R. Assessment of broiler surface temperature variation when exposed to different air temperatures. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v. 13, n.4, p.259-263, dec. 2011.

NASCIMENTO, G. R.; PEREIRA, D. F.; NÄÄS, I. A.; RODRIGUES, L. H. A. Índice fuzzy de conforto térmico para frangos de corte. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.31, n.2, p.219-229, mar./abr. 2011.

NASCIMENTO, S. T. **Modelagem do equilíbrio térmico de frangos de corte: Um estudo da geração e transferência de calor**. 2015. 139 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

NAVAS, T. O.; OLIVEIRA, H.F.; CARVALHO, F.B.; STRINGHINI, J. H.; CAFÉ, M. B.; FILHO, P. H. Estresse por calor na produção de frangos de corte. **Nutritime Revista Eletrônica** [online], v.13, n.1, p.4550-4557, jan/fev. 2016. Disponível em: http://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/352_-4478-4487_NRE_12-6_nov-dez_2015.pdf. Acesso em: 07 maio. 2018.

NAZARENO, A. C.; GUISELINI, C.; PANDORFI, H.; VIGODERIS, R. B.; PEDROSA, E. M. R. **Bem-estar na produção de frango de corte em diferentes sistemas de criação**, Jaboticabal, v.31, n.1, p.13-22, jan/fev. 2011.

NEIVA, J. N. M. et al. Efeito do estresse climático sobre os parâmetros produtivos e fisiológicos de ovinos Santos Inês mantidos em confinamento na região litorânea do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.33, n.3, p.668-678, 2004.

NUNES, L. C. C.; SOBRINHO, J. L. S.; LIMA, A. A. N.; SILVA, J. L.; NETO, P. J. R. Câmara climática: estudo de caso. **Revista Brasileira de Farmácia**, v.88, n.3, p.137-140, 2007.

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

OVIEDO-RONDON, E. O. Technologies to mitigate the environmental impact of broiler production. **R. Bras. Zootec**, Viçosa, v. 37, n. spe, p. 239-252, July 2008.

PEREIRA, D. F.; NÄÄS, I. A.; ROMANINI, C. E. B.; SALGADO, D. D.; PEREIRA, G. O. T. Indicadores de bem-estar baseados em reações comportamentais de matrizes pesadas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.2, p.308-314, maio/ago. 2005.

POKHAREL, B. B.; SANTOS, V. M.; WOOD, D.; HEYST, B. V.; HARLANDERMATAUSCHEK, A. Laying hens behave differently in artificially and naturally sourced ammoniated environments. **Poultry Science**, v. 96, Issue 12, p. 41514157, december 2017.

RODRIGUES, M. M. **Equilíbrio eletrolítico e condicionamento térmico precoce na criação de frangos de corte submetidos ao estresse térmico**. 2015. 53 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Estadual Paulista, Araçatuba.

ROSS. **Manual técnico de manejo para frangos de corte**. 2009, 109 p.

SANTOS, D. C.; LOMBA, L. F. D.; LUIZ JÚNIOR, O. J. Protótipo para o controle da temperatura de um aviário utilizando microcontrolador de baixo custo. **Anais do Computer on the Beach**, 2014, p. 418-420.

SEVEGNANI, K. B.; CARO, I. W.; PANDORFI, H.; SILVA, I. J. O.; MOURA, D. J. Zootecnia de precisão: análise de imagens no estudo do comportamento de frangos de corte em estresse térmico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** [online], v.9, n.1, p.115-119, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v9n1/v9n1a17.pdf>. Acesso em: 17 maio. 2018.

SCHIASSI, L.; JUNIOR, T. Y.; FERRAZ, P. F. P.; CAMPOS, A. T.; SILVA, G. R.; ABREU, L. H. P. Comportamento de frangos de corte submetidos a diferentes ambientes térmicos. **Revista Engenharia Agrícola** [online], v.35, n.3, p.390-396, maio/jun. 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430Eng.Agric.v35n3p390-396/2015>. Acesso em: 15 maio. 2018.

SILVA, I. J. O.; VIEIRA, F. M. C. Ambiência animal e as perdas produtivas no manejo pré-abate: O caso da avicultura de corte brasileira. **Archivos de Zootecnia**, v. 59, p.113-131, 2010.

SILVA, L. F. **Influência da ambiência sobre o desempenho de frangos de corte**. 2013. 62 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Zootecnia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SILVA, R. G. **Introdução à Bioclimatologia Animal**. 1 ed. São Paulo: EdNOBEL, 2000. 286 p.

SOUSA, P. **Avicultura e clima quente: Como administrar o bem-estar às aves?** Pesquisadora da Embrapa Suínos e Aves, Área de transferência de tecnologia, 2005.

TINÔCO, I. I. Avicultura Industrial: Novos Conceitos de Materiais, Concepções e Técnicas Construtivas Disponíveis para Galpões Avícolas Brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência Avícola** [online], v.3, n.1, p.01-26, jan. 2001. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-635X2001000100001&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 08 maio. 2018.

TREVISAN, L. Y. I.; KRUGER, E. L.; FERNANDES, L. C.; TAMURA, C. A. **Proposta de construção de câmara climática móvel de baixo custo para estudos de ambiência térmica no Brasil**. In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 14, 2017, Balneário Camboriu, 27-29 set. 2017, p. 652-661.

VIEIRA, M. F. A. **Caracterização e análise da qualidade sanitária de camas de frango de diferentes materiais reutilizados sequencialmente**. 2011. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

VOGADO, G. M. S.; VOGADO, K. T. S.; FONSECA, W. J. L.; FONSECA, W. L.; VOGADO, W. F.; OLIVEIRA, A. M; OLIVEIRA, N. M.; LUZ, C. S. M. Evolução da Avicultura Brasileira. **Revista Nucleus Animalium**, Ituverava, v.8, n.1, p. 49-68, maio 2016.

Capítulo 2 – Nota Técnica:

“Desenvolvimento De Um Protótipo Para Estudos Sobre a Temperatura Superficial e o Comportamento de Frangos De Corte”

2.1. Resumo

Diante à realidade do cenário avícola e os desafios enfrentados pelos produtores frente às dificuldades de controle das variáveis climáticas dentro do ambiente de criação, como temperatura e umidade relativa do ar, velocidade dos ventos, concentração de gases, entre outros, destaca-se a necessidade de se estudar a zona de conforto térmico de frangos de corte para linhagens utilizadas comercialmente, para assim, garantir-se o máximo potencial produtivo dos animais nas instalações. O uso da câmara climática é uma alternativa para estudos de ambiência térmica que permite controlar variáveis ambientais e pessoais, além de simular a exposição de seres vivos a situações de conforto ou estresse térmico, com ampla utilização em diversas áreas de pesquisas. Entretanto, é importante salientar que a utilização da câmara climática poderá impedir os animais expressarem o seu comportamento natural, levando a interpretações comportamentais errôneas, uma vez que o comportamento está intrinsecamente ligado ao conforto térmico e ao bem-estar animal. A necessidade de o pesquisador entrar na câmara para uma observação direta e subjetiva, muitas vezes com constantes aberturas da porta para uma maior manipulação dos animais, alterando os parâmetros fisiológicos, ambientais e comportamentais. Portanto, o desafio é o desenvolvimento de metodologias mais convenientes e acessíveis, que avaliem as reais necessidades ambientais das aves, minimizando também os riscos de erros. Nesse contexto, essa nota técnica apresenta o desenvolvimento de um protótipo móvel, de baixo custo, voltado para estudos de ambiência térmica e comportamento de frangos de corte, com o intuito de avaliar a zona de conforto térmico desses animais, além de permitir a obtenção da temperatura superficial das aves por intermédio de uma câmera de infravermelho. O protótipo móvel (1,26m x 1,26m x 0,81m, comprimento, altura e largura; respectivamente) foi construído com material acrílico e apresenta quatro aberturas: a instalação de um aparelho de ar condicionado, para o controle da temperatura, umidade e propõe correta ventilação do ar; manejo e ajuste de altura da lâmpada infravermelha; porta de entrada/saída de animais e manejo nutricional/sanitário; e janela de inspeção termográfica, para obtenção do perfil térmico superficial dos animais por intermédio da câmara de infravermelho. Ainda, conjuntamente, foram instalados dois sistemas tipo arduino, um para medição da temperatura e umidade relativa do ar do protótipo a cada um minuto e o outro para aferição da temperatura próximo à lâmpada infravermelha, configurado para acionar a lâmpada infravermelha e aquecer quando a temperatura desejada não for atingida, e desligada quando a temperatura requerida for alcançada. O protótipo tem como vantagem ser de baixo custo, com material transparente, sendo, assim, possível analisar os animais em tempo real, e ainda, pode-se traçar o perfil térmico dos animais por intermédio da câmara de infravermelho sem a intervenção no seu comportamento natural. O protótipo propõe estudos sobre diversos fatores ambientais e como os animais se comportam frente

à variadas condições. A utilização desse protótipo pode ser ampliada para pesquisas com outras espécies de interesse zootécnico que possuem pequeno porte.

2.2. Introdução

Os frangos de corte têm alterações de empenamento e produção metabólica ao longo da vida e isso está diretamente relacionado às condições ideais de temperatura e umidade relativa do ar que se modificam ao longo do ciclo de criação (NASCIMENTO et al., 2017). De acordo com MACARI & FURLAN (2002), os pintos na primeira semana de idade necessitam de temperaturas ambiente em torno de 33°C a 35°C. Essa alta temperatura é explicada tendo em vista que o pinto apresenta grande relação entre área e volume corporal e maior taxa de formação dos órgãos vitais. Conseqüentemente, esses fatores dificultam a retenção de calor. Com o desenvolvimento do frango de corte e a maturação do sistema termorregulador, com quatro semanas de idade a zona de conforto térmico é reduzida para 24°C.

Por outro lado, os autores TINÔCO (2001) e MENEGALI (2009) mencionam que a temperatura de conforto térmico dos pintos na primeira semana de idade é em torno de 32°C a 34°C e para aves com quatro semanas de idade até o período de abate é de aproximadamente 23°C. Essa diferença de temperatura citada pelos autores para os frangos de corte com a mesma idade é explicada devido ao intenso melhoramento genético das linhagens de frangos. O melhoramento genético contínuo proporcionou linhagens mais precoces e com diferentes graus de tolerância ao calor, como, por exemplo, frangos de linhagens comerciais de rápido crescimento que apresentam menor tolerância ao calor, ocasionado pelo aumento da taxa de produção metabólica.

Desse modo, as instalações dentro de um aviário precisam ser dotadas de ferramentas para o aquecimento e resfriamento, controlando, assim, a temperatura do ar de acordo com a linhagem e idade dos animais para a manutenção da homeostase, uma vez que o desconforto térmico dentro dos galpões pode reduzir o desempenho e prejudicar o bem-estar das aves. Portanto, é importante que as variáveis meteorológicas do galpão sejam constantemente monitoradas.

É necessário, também, se atentar às condições climáticas de cada região, pois diversas pesquisas comprovam que o aumento da temperatura corporal das aves está relacionado à elevação da temperatura ambiente. Logo, regiões em que o clima é muito quente, caso mais comum no nordeste brasileiro, afetam

diretamente o conforto dos animais se o fator temperatura e umidade não forem controlados, causando redução no consumo de alimento, aumento na ingestão de água e alteração no comportamento das aves. O contrário ocorre em regiões muito frias, a exemplo do sul do Brasil, em que a temperatura ambiente é mais baixa, ocasionando o desconforto térmico, e, para debelar essa situação, esses aumentam a ingestão de alimentos e tendem a ficarem agrupados com o objetivo de se aquecerem (QUEIROZ et al., 2013).

Assim, as condições ideais de temperatura e umidade para cada fase de criação de frangos de corte e estudos de ambiência térmica em outras áreas de pesquisas no Brasil têm levado os pesquisadores a sugerirem o desenvolvimento de novos métodos e protótipos que tracem esse perfil corretamente. Esses estudos dão embasamento para o surgimento de novos modelos experimentais inovadores e o aprimoramento daqueles já existentes.

TREVISAN et al. (2017) constataram a carência de equipamentos brasileiros e a indisponibilidade orçamentária à realização de pesquisas científicas dedicadas ao estudo do conforto ambiental. Portanto, a aquisição de câmaras climáticas econômicas de pequeno porte é indicada, permitindo ser configurada conforme a finalidade pretendida, com o seu consecutivo emprego em diversas áreas de pesquisas como: agricultura, pecuária, saúde, indústria automotiva e farmacêutica, entre outros, tanto no Brasil, como no exterior.

Os autores propuseram a transformação de um container do tipo *dry* apoiado sobre um reboque em duas câmaras climáticas com cerca de 7m² e medições a 44m x 2,89m x 3,00m (comprimento, altura e largura, respectivamente), com baixo custo, móveis e para exposição ao ambiente externo, dedicadas a estudos de ambiência térmica no Brasil. Uma das câmaras serviria de controle, enquanto a outra poderia sofrer adaptações construtivas, adequando-se à pesquisa que estivesse em andamento e avaliada em comparação à câmara *default*. O protótipo seria composto por paredes e cobertura em casca de aço e piso em compensado naval com uma única porta de acesso e uma janela oposta à porta. Internamente foi previsto a instalação de uma estrutura metálica complementar para a fixação de materiais de isolamento térmico, levando-se em conta o aquecimento solar da edificação e a vedação interna para aumentar a inércia térmica da câmara climática, especialmente durante o inverno.

Os valores correspondentes às variáveis ambientais monitoradas nas duas câmaras seriam registradas em data *loggers* e transmitidos a um computador externo às câmaras via sensores. Foi considerada a utilização de um único computador, viabilizando minimizar as interferências do pesquisador no acompanhamento de experimentos. Para o controle das variáveis ambientais (temperatura do globo negro, temperatura do ar e umidade relativa), seriam utilizados sistema de ventilação e condicionamento do ar, com regulação de temperatura e umidade relativa, além de termômetros e higrômetros previamente instalados. Já as variações climáticas externas (temperatura, umidade, ventilação, radiação, etc.) seriam monitoradas por estação meteorológica.

É importante salientar que a proposta não foi realizada até o momento e que algumas considerações quanto ao material que seria utilizado para a construção do protótipo devem ser realizadas. Cabe mencionar que a câmara climática idealizada pelos autores seria adaptada à realidade brasileira e, dessa forma, a utilização do material requer mão-de-obra especializada, principalmente nos cortes a serem feitos no material que é de alta rigidez. Além disso, o contentor é feito de aço, um ótimo condutor de calor, o que dificulta o controle da temperatura interna, ainda mais em climas tropicais. Por fim, a utilização desse material carece de legislação adequada e ainda pode enferrujar, visto que é preciso tratamento adequado antes da sua aplicação construtiva.

Assim, o desenvolvimento de protótipos com ferramentas de fácil aplicabilidade e acesso, e com melhores propostas para o maior controle das condições ambientais de aviários é imperativo. A utilização de protótipos poderá proporcionar um melhor controle das condições climáticas ideais para cada fase de criação de frangos de corte.

Nesse contexto, esta nota técnica apresenta a construção de um protótipo móvel de baixo custo para a avaliação da zona de conforto térmico e comportamento de frangos de corte em conforto e estresse térmico em cada fase do ciclo de criação, bem como as interações entre os animais e o ambiente. O protótipo permite fazer a medição da temperatura superficial das aves e dos equipamentos nele contido por intermédio da câmera de infravermelho, além de poder simular algumas variáveis ambientais como: temperatura, umidade relativa do ar, concentração de gases, velocidade do vento, quantidade e período de

exposição à luz benéfica aos animais; ampliando, dessa forma, os estudos sobre a ambiência e as condições ideais de criação para aves de corte. O protótipo possui baixo peso, possibilitando, assim, seu deslocamento para outros locais de pesquisa, além de poder ser remetido a ambientes externos com exposição solar por exemplo, para estudos de ambiência térmica ou outras condições desejáveis pelo pesquisador. Além disso, o protótipo poderá ser utilizado em pesquisas com outras espécies de interesse zootécnico que possuam pequeno porte.

2.3. Materiais e Métodos

Construção do Protótipo

O projeto foi aprovado pela Comissão de ética no Uso Animal (CEUA) da Universidade de Brasília, protocolo nº97/2017, antes do início da construção do protótipo.

Um protótipo móvel foi construído, com dimensões equivalentes a 1,25m x 1,25m x 0,81m (comprimento, altura e largura; respectivamente), totalizando uma área de piso de 1,0125 m². Essas dimensões foram escolhidas com o propósito de possibilitar o alojamento de frangos de corte em diferentes densidades adotadas nos sistemas de produção, adequando-os ao espaço para um máximo desempenho, visto que OWADA et al., (2007), concluíram perante experimento, que a densidade ideal para melhor bem-estar é de 13 a 15 aves/m². O protótipo permite fazer a medição da temperatura superficial dos animais por intermédio de uma câmera de infravermelho, além de poder simular algumas variáveis ambientais de acordo com a proposta pretendida pelo pesquisador, como: temperatura e umidade relativa do ar, concentração de gases, quantidade e período de exposição à luz; ampliando, dessa maneira, os estudos sobre a ambiência e as condições ideais de criação de frangos de corte.

O material escolhido para a construção do protótipo foi o acrílico com a espessura de 6mm, por ser mais acessível financeiramente pelo seu baixo custo, visto que uma chapa de acrílico transparente de 6mm de espessura, com medições de 2 x 1 m custa por volta de R\$ 926 (Fonte: Empresa Tudo em Acrílico) no mercado nacional e em razão das suas características como: baixo peso, sendo duas vezes menor que o vidro, viabilizando sua mobilidade e facilidade no transporte para outros locais; mais transparência que o vidro, com até 92% de transmitância luminosa, possibilitando avaliações comportamentais dos animais a olho nu; resistência contra impactos, aproximadamente 10 vezes mais resistente que o vidro, por exemplo; facilidade para colagem e montagem; total vedação para o controle das variações meteorológicas internas; e alta resistência térmica, permitindo uma vida longa ao acrílico, de aproximadamente 20 anos. A temperatura

máxima recomendada de uso contínuo é de 85 a 90 °C (Fonte: Empresa BELMETAL ®).

O protótipo é composto por quatro aberturas (uma janela de inspeção termográfica, instalação de um equipamento de ar condicionado, uma porta de entrada/saída de animais e manejo de materiais; e manejo de lâmpada infravermelha), situadas em diferentes posições (Figura 1).

Na tabela 1 apresenta-se a estimativa de preços do material utilizado na confecção do protótipo e dos equipamentos envolvidos, totalizando R\$ 16.814 reais o orçamento da pesquisa.

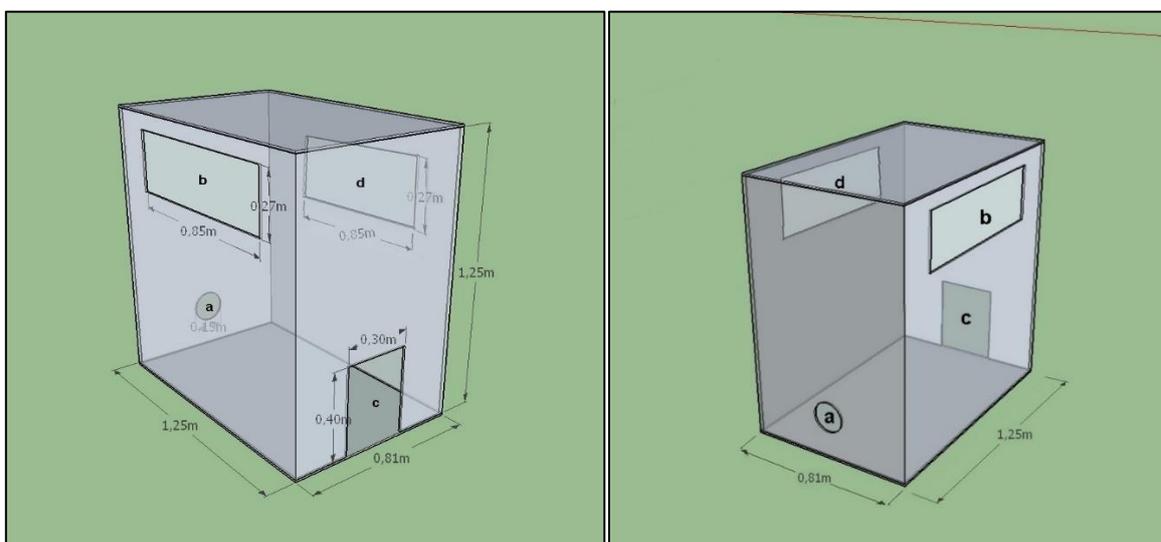


FIGURA 1 - Vista frontal, traseira e lateral do protótipo com suas respectivas dimensões, incluindo quatro aberturas: a) janela de inspeção termográfica para a aferição da temperatura superficial dos animais através da câmera de infravermelho; b) do ar condicionado para o resfriamento da temperatura do ar e circulação do ar interno de acordo com cada fase de criação dos animais; c) da porta de entrada e saída dos animais para o manejo sanitário/nutricional e d) para o manejo de lâmpada infravermelha. Fonte: arquivo pessoal (2018).

MATERIAIS	MÉDIA DE PREÇO
3 CHAPAS DE ACRÍLICO	2.778
AR CONDICIONADO	1.000
LÂMPADA INFRAVERMELHA	117
SISTEMAS ARDUÍNOS	200
CÂMERA TERMOGRÁFICA	12.719
TOTAL	16.814

TABELA 1 – Média de preços do material utilizado na confecção do protótipo e dos equipamentos envolvidos no projeto. Fonte: arquivo pessoal (2018).

As duas aberturas (figura 2) referentes ao ar condicionado e para o manejo de lâmpadas são de tamanhos iguais (85 cm x 27,5 cm, comprimento e altura, respectivamente). Em uma delas está o ar condicionado, disposto na lateral direita, para o controle da temperatura e umidade relativa do ar, além de disponibilizar a circulação do ar no interior do protótipo; e a outra abertura, estabelecida no lado esquerdo, é para a realização do manejo da lâmpada infravermelha, como o ajuste de altura e troca do objeto, podendo ser fechada facilmente por uma tampa de material acrílico com a mesma dimensão da abertura.

O equipamento ar condicionado (85 cm x 27,5 cm, comprimento e altura, respectivamente), que foi instalado é da marca Electrolux, modelo VI07R/VE07R, do tipo Split, com potência de 7.000 btus, localizado na lateral tangente ao teto do modelo. A escolha da posição do ar condicionado considera a correta circulação do ar de forma que seja homogênea por todo o aparato e que não atinja diretamente os animais que ficarão na parte inferior.



FIGURA 2 – Protótipo com a instalação do ar condicionado do tipo Split com 7.000 BTU de potência e abertura (visualizada pela seta branca) frente ao ar condicionado para o manejo da lâmpada de infravermelho, ambas do mesmo tamanho. Fonte: arquivo pessoal (2018).

Durante a simulação das temperaturas com o aparato vazio (sem animais), houve problemas técnicos com o ar condicionado no modo automático para estabilizar a temperatura requerida. Em razão do ar condicionado ser de alta potência e o tamanho do protótipo ser relativamente pequeno, houve extremas oscilações de temperatura, tanto superior quanto inferior, aferida por um termômetro de mercúrio e um higrômetro digital posicionados no interior da caixa.

O cálculo de BTU (potência) do ar condicionado recomendado para garantir o conforto térmico do ambiente é feito considerando a área total em metros quadrados do ambiente a ser climatizado, sendo que, para cada metro quadrado, multiplica-se por 600 BTU (SOUZA, 2010). Por exemplo, uma sala com 30 m² seria necessário 18.000 BTU de potência do ar condicionado para assegurar um ambiente confortável. A área total do protótipo é de 1,0125 m² e seria preciso uma potência menor que 1.000 BTU para estabilizar a temperatura desejada sem exageradas oscilações.

Diante do ocorrido, o ar condicionado foi reprogramado da função “automático” para “analógico” (Figura 3) por um técnico especializado.



FIGURA 3 - Ar condicionado tipo Split com 7.000 BTU de potência instalado no protótipo reprogramado do modo “automático” para o sistema “analógico” para resfriamento da temperatura interna e circulação de ar. Fonte: arquivo pessoal (2018).

A figura 4 aponta como funcionará o ar condicionado que será programado de forma analógica somente para o modo resfriamento e ventilação do ar. A lâmpada vermelha ligada indica que a lâmpada infravermelha está funcionando e aquecendo o ar junto ao ar condicionado na função “ventilação”, podendo ser ajustada para mais e menos, com o intuito de evitar a saturação de gases nocivos no interior do protótipo e prejudique os animais. Essa condição é indicada para tratamento com animais sensíveis ao frio, que ainda não possuem a habilidade termorreguladora completamente desenvolvida, como é o caso de pintinhos. A lâmpada verde ligada indica que o modo “resfriamento” do ar está ligado e que a lâmpada infravermelha (aquecimento) está desligada. Nesse modo, o ar foi regulado para manter a temperatura na faixa entre 18 e 20° C, indicado para tratamentos com animais que já possuem o sistema termorregulador desenvolvido (adultos) e são, portanto, sensíveis a altas temperaturas.



FIGURA 4 – Aparato utilizado para averiguar o funcionamento do sistema analógico. A lâmpada vermelha ligada indica que a lâmpada infravermelha está funcionando e aquecendo o ar junto ao ar condicionado na função “ventilação”. A lâmpada verde ligada indica que o modo “resfriamento” do ar condicionado está funcionando (entre 18 e 20 °C) e que a lâmpada infravermelha está desligada. Fonte: arquivo pessoal (2018).

As outras duas aberturas (porta de entrada/saída de animais, e manejo de materiais; e janela de inspeção termográfica) são de tamanhos distintos (0,30 m x 0,40 m, comprimento e altura, respectivamente; e raio de 0,15 m). A porta de entrada/saída de animais e manejo de materiais (Figura 5) localiza-se na frente do modelo para o controle nutricional/sanitário necessário e acessibilidade dos animais ao protótipo; e a janela de inspeção termográfica (Figura 6), disposta na traseira do protótipo, servirá de auxílio para obtenção do perfil térmico superficial dos animais por intermédio da câmara de infravermelho.



FIGURA 5 - Porta de entrada/saída dos animais do protótipo e manejo nutricional/sanitário necessário para cada fase de criação de frangos de corte.
Fonte: arquivo pessoal (2018).



FIGURA 6 - Janela de inspeção termográfica do protótipo para aferição da temperatura superficial dos animais no interior do aparato por intermédio da câmara de infravermelho. Fonte: arquivo pessoal (2018).

A porta de entrada/saída de animais e manejo de materiais abre e fecha correndo verticalmente. A porta permite o acesso aos materiais instalados internamente e proporciona a entrada e saída de animais, possibilitando, ainda, realizar o manejo sanitário/nutricional como a retirada de cama aviária e o fornecimento da dieta adequada para cada condição experimental.

A janela de inspeção termográfica possui formato circular, com o raio de 0,15m. É compatível com o equipamento câmara termográfica e servirá para a obtenção detalhada das imagens termográficas sem a interferência do acrílico sobre as imagens.

É importante que o protótipo seja isolado com cortinas ou forros por exemplo, no momento da retirada das imagens térmicas pela câmera termográfica, pois a

transparência do acrílico poderá interferir no comportamento dos animais, de modo que elas percebam visualmente a presença do pesquisador.

Instalada paralelamente à altura em relação ao local em que os animais ficarão, a janela permite a medição da temperatura superficial dos animais por intermédio da câmera termográfica infravermelha, especificando em tempo real a situação térmica dos animais inseridos ao aparato. Como vantagem em sua utilização, a termografia é uma técnica de inspeção não invasiva, que mensura os padrões diferenciais de distribuição de calor pelo sistema infravermelho (GRACIANO, 2013). A opção pelo uso da câmara termográfica favorece a estabilidade térmica dentro do ambiente de criação por meio do fornecimento de imagens detalhadas para posterior avaliação (TREVISAN et al., 2017).

Para o aquecimento dos animais dentro do aparato, instalou-se a lâmpada infravermelha da marca Philips, de 230V (Figura 7). A escolha da lâmpada infravermelha é justificada pelos seguintes motivos: fácil manuseio e manutenção, bom equilíbrio entre vida útil e saída de calor, produção de calor constante e homogêneo, não gera gases tóxicos (CO e CO₂) além de proporcionar maior conforto aos animais.

Para aferição da temperatura da lâmpada infravermelha do protótipo com o acionamento da lâmpada, inseriu-se ao aparato um sistema do tipo arduíno. O sistema arduíno é um microcomputador composto por placa controladora e conexão USB que permite ser ligado a sistemas eletrônicos com o objetivo de criar sistemas interativos podendo ser regulado de acordo com o alvo proposto (SOUZA, 2011). O sistema arduíno instalado (Figura 8) é composto por um termostato e um registrador automático da temperatura (datallogger), programado para o acionamento da lâmpada infravermelha caso a temperatura no interior do protótipo for menor que 32°C e desligar caso a temperatura ultrapasse os 34°C, consumindo, por conseguinte, menor quantidade de energia.

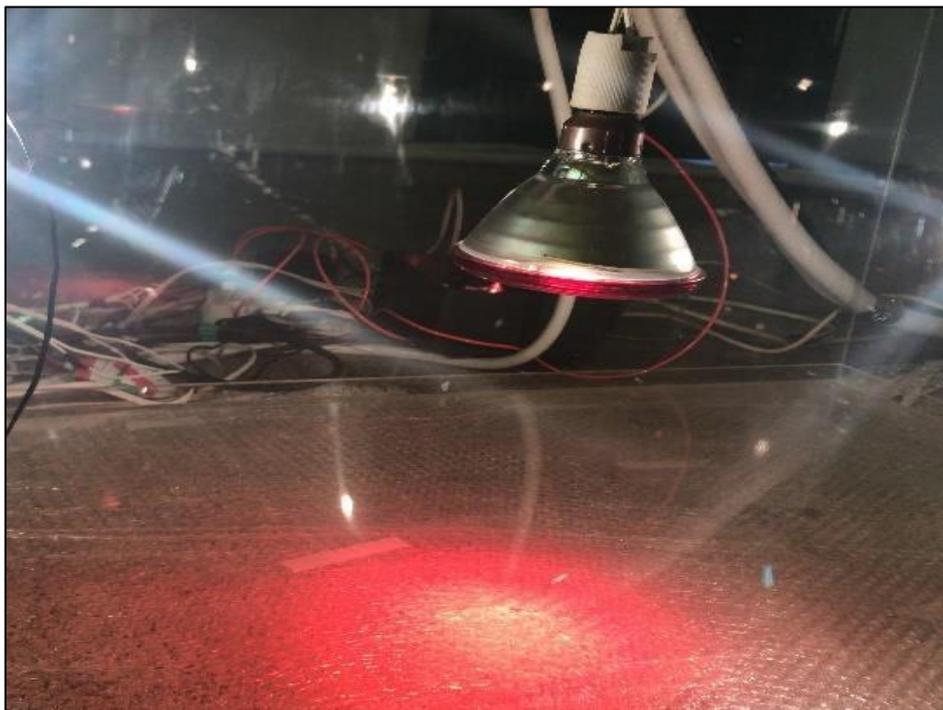


FIGURA 7 - Sistema de aquecimento do protótipo com lâmpada infravermelha da marca Philips, de 230V. Fonte: arquivo pessoal (2018).

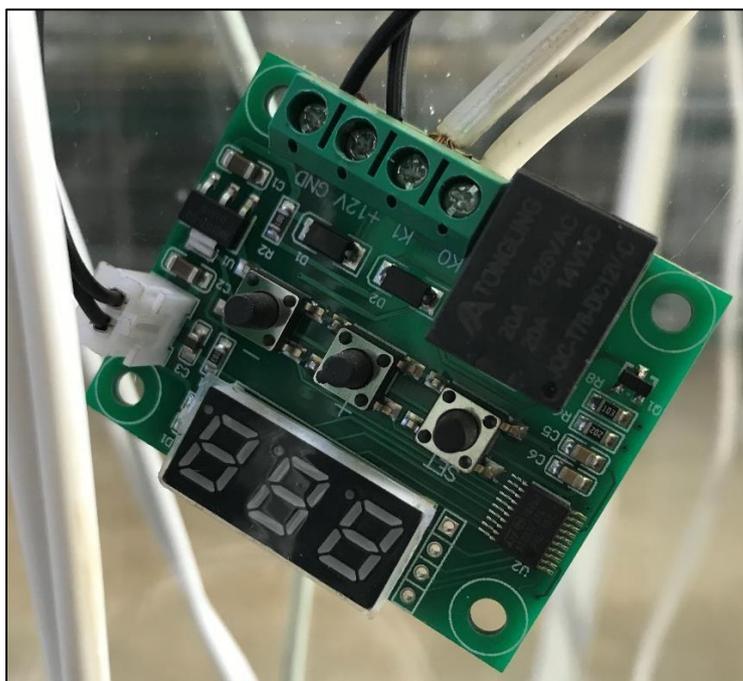


FIGURA 8 – Sistema do tipo arduino composto por um termostato e um registrador automático de temperatura, programado para o acionamento da lâmpada infravermelha, caso a temperatura no interior do protótipo for menor que 32 °C e desligar quando a temperatura ultrapassar 34 °C. Fonte: arquivo pessoal (2018).

Outro sistema arduíno com sensores DHT-22 (Figura 9) composto por dois termostatos conectados a um *datalogger* foi instalado. Os dois termostatos foram colocados em posições equidistantes ao centro geométrico no interior do aparato, para medição da temperatura e umidade relativa do ar em intervalos de um minuto, com a finalidade de alcançar os valores ideais das variáveis climáticas para cada fase de criação dos animais. As leituras das variáveis são feitas por meio de um registrador em tempo real e armazenados num cartão de leitura com 4GB de capacidade. Ainda, o aparato continha um termômetro de mercúrio para medir e confirmar, com maior confiabilidade, a temperatura interna.

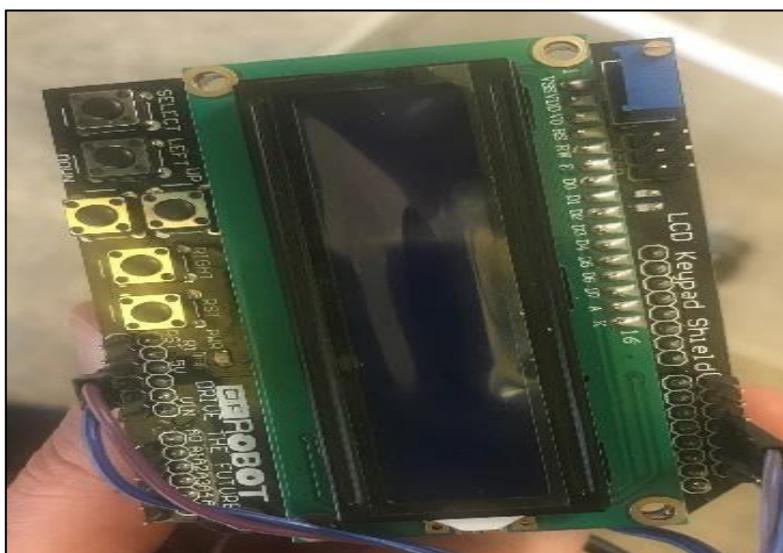


FIGURA 9 – Sistema arduíno DHT-22 composto por dois termostatos conectados à um *datalogger* para aferição da temperatura e umidade a cada um minuto no interior do protótipo. Fonte: arquivo pessoal (2018).

Sabendo-se sobre os benefícios da utilização de cama para criação de frangos quanto ao seu bem-estar, o aparato permite, também, ser equipado com material de cama convencional utilizado nos aviários, contribuindo com um menor estresse das aves (ALVES et al., 2007). Além disso, o protótipo dispõe de local para a instalação de poleiros para possíveis testes com aves de postura e codornas. Ademais, há espaço suficiente para inclusão de comedouro do tipo tubular com dimensões de 27 x 17 cm (diâmetro do comedouro e diâmetro do tubo), com peso de 500 gramas e bebedouro com rosca que comporta 5 litros de água com

dimensões de 18 x 33 cm (diâmetro da base x altura), com peso de 200 gramas, para atender as exigências nutricionais aos animais.

2.4. Vantagens do protótipo

No que concerne à aquisição de câmaras climáticas de grande porte, tanto equipamentos pré-fabricados quanto ambientes construídos sob medida costumam ser dispendiosos, demandando investimentos da ordem de mais de R\$100.000. Assim, a escassez de recursos financeiros usualmente viabiliza a aquisição de câmaras econômicas de pequeno porte, disseminando seu respectivo emprego em áreas de pesquisa diversas (TREVISAN et al., 2017). Desse modo, o protótipo proposto tem como privilégio ser de baixo custo, com a estimativa do custo total de R\$16.814, incluindo o material acrílico utilizado na confecção do protótipo mais os equipamentos nele contido. Ademais, o desenvolvimento de protótipos com maior acessibilidade e com ferramentas de fácil aplicabilidade para estudos que envolvam ambiência térmica e comportamental, beneficiando o bem-estar aos animais é de suma importância.

O protótipo tem como vantagem a transparência do material, o que possibilita a visualização e avaliação dos animais em tempo real a olho nu. A análise de parâmetros comportamentais é um exemplo de medida adotada para determinação dos efeitos do ambiente de criação sobre o desempenho e o bem-estar das aves (ALVES et al., 2007). Ainda, é possível traçar o perfil térmico dos animais e do protótipo por intermédio da câmara de infravermelho, descartando, portanto, a utilização de métodos inconvenientes, como, por exemplo, o termômetro de contato.

O protótipo tem como benefício a aferição em tempo real das variáveis meteorológicas temperatura e umidade relativa do ar no interior do protótipo, conjuntamente à temperatura proporcionada pelo acionamento da lâmpada infravermelha. As variáveis são mensuradas pelo termômetro de mercúrio e termostatos que compõem os sistemas arduínos, possibilitando, alterar o ambiente térmico no qual os animais são submetidos, podendo ser avaliadas diferentes combinações de temperatura e umidade e, portanto, a zona de conforto térmico. Além disso, o protótipo não prejudica a respiração dos animais e permite o resfriamento da temperatura do ar quando necessário, dependendo da condição

experimental pela presença do ar condicionado, permitindo a adequada taxa de renovação do ar interno.

Além disso, o material acrílico utilizado na construção do protótipo apresenta diversas vantagens quanto ao seu uso. O acrílico tem como benefício o preço, a qualidade e a resistência, sendo superior ao vidro e aos demais plásticos. Apresenta, ainda, alta resistência contra impactos e raios ultravioleta. Também apresenta alta durabilidade e possibilidade de adquirir formas, podendo ser cortado, perfurado, colado, moldado, entre outros, além da higiene que traz segurança total quando em contato com alimentos (Fonte: Empresa BELMETAL ®).

Futuramente, torna-se possível a avaliação de diferentes índices zootécnicos das aves, como: consumo de ração, conversão alimentar, eficiência alimentar, peso corporal, ganho de peso, viabilidade e índice de eficiência produtiva dos animais em cada condição experimental.

2.5. Considerações Finais

Os desafios para trabalhos futuros são: testar o protótipo sem a presença de frangos de corte para a verificar a capacidade do protótipo em estabelecer e manter as diferentes faixas de temperatura e umidade propostas; testar posteriormente o protótipo com a presença dos animais, bem como as interações entre os animais e o ambiente submetido, conjuntamente com o comportamento, com o objetivo de atingir a zona de conforto térmico e bem-estar dos animais.

O protótipo possui baixo peso, possibilitando, assim, seu deslocamento para outros locais de pesquisa, além de poder ser remetido a ambientes externos com exposição solar por exemplo, para estudos de ambiência térmica ou outras condições desejáveis pelo pesquisador. Além disso, o protótipo poderá ser utilizado em pesquisas com outras espécies de interesse zootécnico que possuam pequeno porte.

Propõe-se, ainda, avaliar o protótipo em diferentes condições ambientais externas, visto que variações ambientais podem influenciar diretamente nos resultados pretendidos, pois as utilizações de materiais transparentes oferecem maiores níveis de iluminação natural, porém permitem excessivos ganhos ou perdas de calor, levando a maiores gastos no consumo de energia elétrica devido ao uso dos meios artificiais para resfriamento ou aquecimento do ambiente. Desse modo, há necessidade de balanceamento entre esses dois fatores para assegurar condições adequadas tanto de conforto térmico quanto visual. Deve-se levar em consideração que uma das principais funções dos fechamentos exteriores, tendo em vista o conforto térmico e a conservação da energia elétrica, é controlar adequadamente as interferências do meio externo (PAIXÃO, 2011).

É importante que o pesquisador se atente ao monitoramento das variáveis climáticas do local aonde o protótipo for mantido durante todos os ensaios, visto que o material acrílico não possui uma eficiente capacidade de isolamento térmico, e, dessa forma, a temperatura e a umidade do ar do ambiente externo podem influenciar diretamente as variáveis meteorológicas pretendidas. Para um melhor controle desses fatores, é recomendada a utilização de termohigrômetros para o registro dessas variáveis, além de proteger o protótipo em relação a incidência de

radiação de ondas curtas com a intenção de alcançar os valores ideais para cada pretensão experimental.

A temperatura e a umidade relativa acompanhados de outros fatores climáticos estão intimamente relacionadas às respostas fisiológicas dos animais, repercutindo, assim, no seu desempenho. Com vista à garantia do bem-estar e o aumento do desempenho das aves, é fundamental a correta caracterização ambiental no qual os animais estão expostos. Dessa forma, é elementar a determinação do tempo ideal de permanência dos animais no interior do aparato, visto que a duração extrapolada influenciará negativamente nos resultados. É ideal que sejam feitos testes com animais, condicionando-os em diversas variações ambientais, como: temperatura, umidade relativa do ar, concentração de gases, velocidade do vento, quantidade e período de exposição à luz benéfica aos animais, com a finalidade de se aproximar o máximo possível do conforto térmico com a manutenção da homeotermia, atestando que eles não acionem mecanismos para ganho ou perda de calor e ampliando, dessa forma, os estudos sobre a ambiência e as condições ideais de criação para aves de corte.

2.6. Agradecimentos

Ao professor Vinicius Machado dos Santos e ao Instituto Federal de Brasília – IFB, Campus Planaltina, pela disponibilidade de recursos financeiros para a construção do protótipo, via projeto Pró-Equipamentos. A Fundação de Apoio e Pesquisa do Distrito Federal (FAPDF) pela bolsa de Iniciação Científica concedida no desenvolvimento deste estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AVILA, V. S.; JAENISCH, F. R. R.; PIENIZ, L. C.; LEDUR, M. C.; ALBINO, L. F. T.; OLIVEIRA, P. A. V. **Produção e manejo de frangos de corte**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1992. 43p. (EMBRAPA-CNPSA. Documentos, 28).

CAMERINI, N. L.; SILVA, R. C.; NASCIMENTO, J. W. B.; SILVA, G. A.; SOUZA, B. B.; FURTADO, D. A. Variação da temperatura superficial de aves poedeiras criadas em dois sistemas de criação em ambiente controlado, utilizando imagens termográficas. **Revista Avisite**, Campinas, n.65, p.4, 2012.

Características do acrílico, **Empresa BELMETAL** ®. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/cls/catalogos/belmetal/chapas-acrilico.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2018.

HOFFMAN, T.C.M.; WALSBERG, G.E.; DENARDO, D.F. Cloacal evaporation: n important and previously undescribed mechanism for avian thermoregulation. **Journal of Experimental Biology**, v.210, p.741-749, 2007.

MAIA, A. P. A. **Desenvolvimento de uma câmara para teste de preferência**. 2014. 172 p. Campinas. Tese (Doutorado), Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

MENEGALI, I. **Projeto e avaliação de diferentes sistemas de ventilação mínima e diagnóstico de sua influência no desempenho produtivo de frangos de corte**. 2009. 100 p. Viçosa. Tese (Doutorado), Departamento de Engenharia Agrícola – UFV, Viçosa.

NAZAREBI, A. C.; PANDORFI, H.; GUISELINI, C.; VIGODERIS, R. B.; PEDROSA, E. M. R. Bem-estar na produção de frango de corte em diferentes sistemas de criação. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.31, n.1, p.13-22, jan/fev. 2011.

OLIVEIRA, M. E. **Desenvolvimento de sistema automatizado de monitoramento de ambientes de produção animal, utilizando uma rede de sensores sem fio**. 2015. 56 p. Dissertação (Mestrado em Administração do programa em gestão e Inovação na Indústria Animal) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga.

OWADA, A. N.; NÄÄS, I. A.; MOURA, D. J.; BARACHO, M. S. Estimativa de bemestar de frango de corte em função da concentração de amônia e grau de luminosidade no galpão de produção. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.3, p.611-618, Dez. 2007.

PANDORFI, H. **Avaliação do comportamento de leitões em diferentes sistemas de aquecimento por meio da análise de imagem e identificação eletrônica**,

2002. 89 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

PEREIRA, D. F.; BUENO, L. G. F.; SILVA, G. F. Novas ferramentas para avaliar a ambiência na avicultura. **Revista Avisite**, Campinas, p.9, 2011.

Placas e chapas de acrílico, **Empresa Tudo em Acrílico** ®. Disponível em: <https://www.tudoemacrilico.com/chapas-acrilico-metacrilato-colorido-cores.html>. Acesso em: 25 jul. 2018.

QUEIROZ, M. L. V.; BARBOSA FILHO, J. A. D. **A umidade relativa do ar e seus efeitos sob o conforto térmico de frangos de corte**. Núcleo de Estudos em Ambiência Agrícola e Bem-estar Animal (NEAMBE), Universidade Federal do Ceará –UFC, CE [online], 2013. Disponível em: <https://pt.engormix.com/avicultura/artigos/umidade-relativa-seus-efeitost38537.htm>. Acesso em: 20 jun. 2018.

SOUZA, E. P. **Economia de energia em ar condicionado no Brasil**, 2010. 116 p. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia da Energia) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá.

SOUZA, A. R.; PAIXÃO, A. C.; UZÊDA, D. D.; DIAS, M. A.; DUARTE, S.; AMORIM, H, S. A placa Arduíno: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC. **Revista de Ensino de Física**, Rio de Janeiro, v. 33, n. 1, p. 1.702, mar. 2011.

TREVISAN, L. Y. I.; KRUGER, E. L.; FERNANDES, L. C.; TAMURA, C. A. **Proposta de construção de câmara climática móvel de baixo custo para estudos de ambiência térmica no Brasil**. In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 14, 2017, Balneário Camboriu, 27-29 set. 2017, p. 652-661.

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