



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA - PPGEA

**JACQUELINE CARDOSO FERREIRA**

**AMBIENTE TÉRMICO E RESPOSTAS PRODUTIVAS EM  
DUAS TIPOLOGIAS DE AVIÁRIOS CLIMATIZADOS**

**LAVRAS – MG  
2022**

**JACQUELINE CARDOSO FERREIRA**

**AMBIENTE TÉRMICO E RESPOSTAS PRODUTIVAS EM DUAS TIPOLOGIAS DE  
AVIÁRIOS CLIMATIZADOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Construções Rurais e Ambiente, para a obtenção do título de Doutora.

Prof. Dr. Alessandro Torres Campos  
Orientador

Prof<sup>a</sup>. Dra. Ilda de Fátima Ferreira Tinôco  
Prof. Dr. Joaquim Paulo da Silva  
Prof. Dr. Tadayuki Yanagi Junior  
Coorientadores

**LAVRAS-MG  
2022**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Setor de Repositório  
Insitucional da Biblioteca Universitária da UFLA**

Ferreira, Jacqueline Cardoso.

Ambiente térmico e respostas produtivas em duas tipologias de aviários climatizados / Jacqueline Cardoso Ferreira. - 2022.

69 p. : il.

Orientador(a): Alessandro Torres Campos.

Coorientador(a): Ilda de Fátima Ferreira Tinôco, Joaquim Paulo da Silva, Tadayuki Yanagi Junior.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2022.

Bibliografia.

1. Construções Rurais. 2. Ambiência. 3. Climatização. I. Campos, Alessandro Torres. II. Tinôco, Ilda de Fátima Ferreira. III. Silva, Joaquim Paulo da. IV. Yanagi Junior, Tadayuki. V. Título.

**JACQUELINE CARDOSO FERREIRA**

**AMBIENTE TÉRMICO E RESPOSTAS PRODUTIVAS EM DUAS TIPOLOGIAS DE  
AVIÁRIOS CLIMATIZADOS**

**THERMAL ENVIRONMENT AND PRODUCTIVE RESPONSES IN TWO  
TYPOLOGIES OF CLIMATIZED AVARIES**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Construções Rurais e Ambiente, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 28 de Janeiro de 2022.

Prof. Dr. Allan Alves Fernandes	UNIPAMPA
Dra. Ana Carolina Cortez Lemos	DCF/UFLA
Profa. Dra. Jaqueline de Oliveira Castro	DEG/UFLA
Profa. Dra. Patrícia Ferreira Ponciano Ferraz	DEA/UFLA
Prof. Dr. Tadayuki Yanagi Junior	DEA/UFLA



Prof. Dr. Alessandro Torres Campos  
Orientador

Prof<sup>a</sup>. Dra. Ilda de Fátima Ferreira Tinôco  
Prof. Dr. Joaquim Paulo da Silva  
Prof. Dr. Tadayuki Yanagi Junior  
Coorientadores

**LAVRAS – MG  
2022**

*A Deus*

*Aos meus pais, Paulino e Neusa, pelo carinho e apoio nessa caminhada,  
por serem meu maior exemplo de vida,*

*DEDICO*

## AGRADECIMENTOS

DEUS, obrigada por permitir a conclusão desta etapa;

À Universidade Federal de Lavras, ao Departamento de Engenharia Agrícola pela oportunidade de realização deste doutorado e ao Programa de Pós-Graduação, em especial à Hellen, por grande parte do processo em que esteve presente e compartilhou sua paciência e gentileza;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro;

Ao Prof. Alessandro, pela orientação, pelos ensinamentos e amizade, durante anos de meu percurso acadêmico;

Aos meus coorientadores: Prof. Joaquim Silva, Prof. Tadayuki e Profa. Ilda de Fátima Ferreira Tinoco, que não mediram esforços para instrumentação e auxílio na comunicação entre empresa e instituição;

Às Profas. Gisele, Jacqueline e Patrícia por acreditarem no meu trabalho durante o percurso, criarem oportunidades, e por aceitarem acrescentarem seus conhecimentos em minha formação;

À doutora Ana Carolina, pelo espetacular trabalho de alinhamento, pela oportunidade de convivência e pela complementação neste trabalho, você foi a esperança em forma de gente;

Ao Grupo Rivelli, ao proprietário Carlos Rivelli, ao veterinário Eduardo, ao gerente Erivelto e todos os colaboradores da unidade Pinhal, por abrirem as portas, acompanharam de perto o desenvolvimento deste trabalho, não mediram esforços para realização e por todo apoio despendido;

Às peças fundamentais da execução, Luiz Gustavo, Ana Carolina, Alice, Daniel, Karine, Elias e Diego, pela ajuda na montagem do sistema de coleta dos dados experimentais, pela convivência, pela disposição força e vontade, sem vocês nada disso seria possível;

Aos amigos de percurso, em cada etapa presente, por me ouvirem sempre, pelas palavras de apoio, pelos momentos de distração, por me mostrarem minhas raízes, pelo companheirismo sem igual;

Ao grupo de ciclismo FnR, Priscila, Eliana, Jacqueline, Carlos, Vivi, Raquel, Sidney, Eliane e Isabel, que em meios as turbulências me proporcionaram o brinde a vida, o desbravar da região, superar desafios do corpo e da mente, por serem o remédio para curar o percurso;

E a todos aqueles que de alguma forma, direta ou indiretamente contribuíram para essa realização;

Deixo a vocês o meu muitíssimo obrigada!

*Às vezes ouço passar o vento,  
e só de ouvir o vento passar vale a pena ter nascido  
(Fernando Pessoa)*

## RESUMO

A produção de frangos de corte em sistemas climatizados totalmente fechados é uma tecnologia em expansão no Brasil, ainda assim, carece de estudos relacionados ao efeito do isolamento térmico proporcionado por diferentes materiais e seu reflexo sobre a produção animal. Objetivou-se, com este trabalho, avaliar o ambiente interno proporcionado por sistemas fechados por cortina (Aviário Fechado com Cortina - AFC) e por blocos de concreto (Aviário Fechado com Blocos - AFB) em aviários climatizados comerciais. Para tanto, foram empregados *dataloggers* em sete pontos para cada aviário, para o monitoramento da temperatura do ar e umidade relativa do ar. Os dados foram registrados diariamente, em intervalos de 15 minutos, durante um ciclo produtivo, entre agosto e setembro de 2019. A partir das informações levantadas, foram calculados parâmetros que permitem avaliar o ambiente térmico – índice de temperatura e umidade (ITU) e entalpia (h). Registrou-se também, informações zootécnicas: ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar, mortalidade e kg de carne produzido. A dinâmica de produção de frangos de corte permite dividir o ciclo, no que tange à ambiência, em duas etapas, sendo considerada a primeira como aquecimento e segunda como resfriamento. Resultou das análises para este trabalho, que a fase de aquecimento é responsável pela maior variabilidade dos dados registrados dentro dos aviários, e que na fase de resfriamento, foi possível obter ambientes estatisticamente iguais entre AFC e AFB. Em relação aos indicadores de produtividade, o ganho de peso das aves no AFC foi 1,78% superior em relação ao AFB, resultando em conversões alimentares de 1,46 e 1,43, respectivamente. O consumo de ração total foi significativamente maior no AFC, enquanto a mortalidade foi mais elevada no AFB, podendo ser atribuído a outros fatores, como por exemplo, o manejo. Quando se leva em consideração o consumo por ave, ao final do ciclo de produção, os valores obtidos foram de 4,91 kg ave<sup>-1</sup> para AFC e 4,72 kg ave<sup>-1</sup> para o aviário AFB. Averiguou-se que, apesar dos aviários operarem de forma distinta, principalmente da fase de aquecimento, não resultou em grande impacto sobre as respostas produtivas. Nesse caso, tanto AFC como AFB mantiveram o ambiente com bom nível de produtividade.

**Palavras-chave:** Construções Rurais e Ambiência. Climatização. Instalações para Aves de Corte. Aviários Climatizados.

## ABSTRACT

The production of broiler in fully closed climate control systems is a technology that is expanding in Brazil, yet it is lacking in studies related to the effect of thermal insulation provided by different materials and its impact on animal production. The objective of this work was to evaluate the indoor environment provided to systems closed by curtain (Aviary Closed with Curtain - AFC) and by concrete blocks (Aviary Closed with Blocks - AFB) in commercial aviaries. For this purpose, dataloggers were used at seven points in each aviary, to monitor the air temperature and relative air humidity. Data were recorded daily, at 15-minute intervals, during a production cycle, between August and September 2019. From the information collected, the parameters that allow evaluating the thermal environment were calculated - temperature and humidity index (ITU), and enthalpy (h). Zootechnical information was also recorded: weight gain, feed consumption, feed conversion, mortality and kg of meat produced. The dynamics of broiler production makes it possible to divide the cycle, in terms of ambience, into two stages, the first being considered as heating and the second as cooling. It resulted from the analysis for this work that the heating phase is responsible for the greater variability of the data recorded within the aviaries, and that the cooling phase, it was possible to obtain statically equal environments between AFC and AFB. Regarding productivity indicators, the weight gain of birds in AFC was 1.78% higher than in AFB, resulting in feed conversions of 1.46 and 1.43, respectively. Total feed intake was significantly higher in AFC, while mortality was higher in AFB, which can be attributed to other factors, such as management. When considering the consumption per bird at the end of the production cycle, the values obtained were 4.91 kg broiler<sup>-1</sup> for AFC and 4.72 kg broiler<sup>-1</sup> for the AFB aviary. It was found that although the aviaries operated in a different way, mainly during the heating phase, it did not result in a great impact on the productive responses. In this case, both AFC and AFB maintained the environment with good productivity.

**Keywords:** Rural Buildings and Environment. Climatization. Broiler Facilities. Climatized Aviaries.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistemas climatizados: a) aviário climatizado com vedação lateral de cortina (AFC - “Aviário com Fechamento em Cortina”); b) aviário climatizado com vedação lateral por blocos de concreto (AFB - “Aviário Fechado com Blocos”).	21
Figura 2 - Sala de operação com os painéis de controles, iguais para o aviário AFC e AFB.	22
Figura 3 - Controlador: a) painel de controle; b) visor com características sobre as condições do ambiente no aviário.	23
Figura 4 - Sensores do aviário: a) sensor de temperatura (Rotem® Platinum Plus – acurácia: 0,3°C); b) sensor de umidade relativa do ar (Rotem® Humidity Sensor – acurácia: 10%-90% ( $\pm 2\%$ ), 90%-100% ( $\pm 3.5\%$ )).	23
Figura 5 - Disposição aproximada dos sensores responsáveis por enviar informações das variáveis ambientais para o painel de controle.	23
Figura 6 - Sistema de resfriamento (exaustores e painéis evaporativos): a) lateral oeste, disposição dos painéis evaporativos; b) lateral leste, disposição dos exaustores. Renderizado por V-Ray.	24
Figura 7 - <i>Inlets</i> laterais com dimensões de 1,20 m x 0,15 m.	25
Figura 8 - Aquecedor Agrobona, modelo AB33-17 Super.	25
Figura 9 - Cortina de contenção de entrada de ar excessiva, de ocorrência ocasional.	27
Figura 10 - Pontos amostrados nos aviários: a) disposição dos pontos amostrados na primeira semana de produção; b) disposição dos pontos amostrados na segunda e terceira semana de produção; c) disposição dos pontos amostrados para quarta, quinta e sexta semana de produção.	29
Figura 11 - <i>Datalogger</i> para coleta das variáveis ambientais.	30
Figura 12 - Variabilidade dos dados para temperatura do ar (°C) na fase de aquecimento, no aviário com fechamento por cortina (AFC) e no aviário com fechamento por bloco de concreto (AFB).	33
Figura 13 - Variabilidade dos dados de umidade relativa do ar (UR; %) registrados na fase de aquecimento, no aviário com fechamento por cortina (AFC) e no aviário com fechamento por bloco de concreto (AFB).	38
Figura 14 - Variabilidade para temperatura do ar (°C) na fase de resfriamento, no aviário com fechamento por cortina (AFC) e no aviário com fechamento por bloco de concreto (AFB).	45
Figura 15 - Variabilidade para umidade relativa do ar (UR; %) na fase de resfriamento, no aviário com fechamento por cortina (AFC) e no aviário com fechamento por bloco de concreto (AFB).	48
Figura 16 - Variabilidade dos dados para o Índice de Temperatura e Umidade (ITU, adimensional) na fase de resfriamento no aviário com fechamento por cortina (AFC) e no aviário com fechamento por bloco de concreto (AFB).	51
Figura 17 - Variabilidade para Entalpia ( $\text{kJ kg}^{-1}$ ar seco), na fase de resfriamento, no aviário com fechamento por cortina (AFC) e no aviário com fechamento por blocos de concreto (AFB).	54
Figura 18 - Variáveis ambientais internas aos aviários e externas: a) temperatura do ar (°C) e b) umidade relativa do ar (%), durante todo o período de produção.	58
Figura 19 - Ganho de peso (g) por semana: Cortina (AFC) versus Bloco (AFB) durante ciclo produtivo e padrão Ross AP95 segundo Aviagen (2018).	60

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Ajuste adotado pela empresa para o acionamento dos equipamentos de aquecimento e resfriamento, baseados nos valores de temperatura do ar (°C). .....	26
Tabela 2 - Valores médios semanais para variável temperatura do ar (°C) em relação às regiões dentro do aviário com fechamento por cortina (AFC) e do aviário com fechamento por blocos de concreto (AFB), na fase de aquecimento* .....	34
Tabela 3 - Valores médios semanais para temperatura do ar (°C) em relação aos períodos, dentro do aviário com fechamento por cortina (AFC) e do aviário com fechamento por bloco de concreto (AFB), na fase de aquecimento* .....	36
Tabela 4 - Valores médios semanais para umidade relativa do ar (UR; %) em relação as regiões durante a fase de aquecimento, no aviário com fechamento por cortina (AFC) e no aviário com fechamento por bloco de concreto (AFB)* .....	39
Tabela 5 - Valores médios semanais para umidade relativa do ar (UR; %) em relação aos períodos, dentro do aviário com fechamento por cortina (AFC) e do aviário com fechamento por bloco de concreto (AFB) na fase de aquecimento* .....	40
Tabela 6 - Valores médios para o Índice de Temperatura e Umidade (adimensional) em relação as regiões dentro dos aviários na fase de Aquecimento* .....	41
Tabela 7 - Valores médios do Índice de Temperatura e Umidade (ITU, adimensional) em relação aos períodos dentro dos aviários na fase de Aquecimento* .....	42
Tabela 8 - Valores médios para entalpia ( $\text{kJ kg}^{-1}$ ar seco), em relação as regiões, dentro dos aviários na fase de aquecimento* .....	43
Tabela 9 - Valores médios entalpia ( $\text{kJ kg}^{-1}$ ar seco) em relação aos períodos dentro dos aviários na fase de Aquecimento* .....	44
Tabela 10 - Valores médios para temperatura do ar (°C) em relação as regiões dentro dos aviários na fase de resfriamento* .....	46
Tabela 11 - Valores médios para temperatura do ar (°C) em relação aos períodos dentro dos aviários na fase de resfriamento* .....	47
Tabela 12 - Valores médios para umidade relativa do ar (%) em relação as regiões dentro dos aviários na fase de resfriamento* .....	49
Tabela 13 - Valores médios da umidade relativa do ar (%) em relação aos períodos dentro dos aviários na fase de resfriamento* .....	50
Tabela 14 - Valores médios para o Índice de Temperatura e Umidade (ITU - adimensional) em relação as regiões dos aviários na fase de resfriamento* .....	52
Tabela 15 - Valores médios do Índice de Temperatura e Umidade (ITU, adimensional) em relação aos períodos (horários), no interior dos aviários, na fase de resfriamento* .....	53
Tabela 16 - Valores médios para Entalpia ( $\text{kJ kg}^{-1}$ ar seco), em relação às regiões no interior dos aviários, na fase de resfriamento* .....	55
Tabela 17 - Valores médios Entalpia ( $\text{kJ kg}^{-1}$ ar seco), em relação aos períodos (horários), no interior dos aviários, na fase de resfriamento* .....	56
Tabela 18 - Variáveis produtivas para o aviário climatizado com fechamento de Cortina (AFC) e de Bloco (AFB). .....	59

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>14</b>
<b>2.1</b>	<b>Importância econômica da avicultura brasileira .....</b>	<b>14</b>
<b>2.2</b>	<b>Tipificação dos sistemas produtivos .....</b>	<b>15</b>
2.2.1	Sistemas climatizados .....	16
<b>2.3</b>	<b>Desafios térmicos na avicultura .....</b>	<b>17</b>
<b>2.4</b>	<b>Características dos sistemas fechados e climatizados .....</b>	<b>18</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>21</b>
<b>3.1</b>	<b>Caracterização do local e das instalações .....</b>	<b>21</b>
<b>3.2</b>	<b>Manejo adotado pela empresa durante o ciclo produtivo .....</b>	<b>26</b>
<b>3.3</b>	<b>Medição das variáveis ambientais .....</b>	<b>28</b>
<b>3.4</b>	<b>Avaliação do ambiente térmico no interior das instalações .....</b>	<b>30</b>
<b>3.5</b>	<b>Respostas produtivas dos frangos .....</b>	<b>31</b>
<b>3.6</b>	<b>Análise estatística .....</b>	<b>32</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>33</b>
<b>4.1</b>	<b>Fase de aquecimento .....</b>	<b>33</b>
<b>4.2</b>	<b>Fase de resfriamento .....</b>	<b>44</b>
<b>4.3</b>	<b>Desempenho produtivo.....</b>	<b>57</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>62</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>63</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A expressividade do Brasil no mercado mundial de proteína animal advém da combinação de vários fatores, dentre eles, o aperfeiçoamento genético dos animais com a adequação das tecnologias nos sistemas de produção, ajudam a garantir uma alta produtividade associada ao bem-estar animal.

As tecnologias implementadas na produção têm, como objetivo, controlar, de forma eficiente, as principais variáveis ambientais que influenciam diretamente no desenvolvimento das aves, como a temperatura, umidade relativa do ar e o tempo de exposição à luminosidade. Essas tecnologias também trouxeram alterações para o cenário relacionado às estruturas de alojamento das aves, que por sua vez sofreram modificações arquitetônicas, visando à implantação dos novos equipamentos e à manutenção das características do ambiente interno que vão interferir diretamente no desempenho das aves.

Uma concepção arquitetônica em expansão no território brasileiro é a de aviários fechados, sendo este um sistema de produção intensiva, com controle automático de climatização e iluminação, e que por vezes recebe diferentes materiais para o isolamento lateral. Os aviários fechados, devido às suas características tecnológicas, possuem menor demanda pela interferência do colaborador sobre o controle dos equipamentos responsáveis por manter as condições de conforto térmico. Além disso, por dispor do controle da luminosidade, mantêm as aves calmas, resultando em menor gasto de energia para seu desenvolvimento durante o ciclo de produção.

A diversidade de materiais empregados para promover o fechamento lateral e, portanto, isolar o ambiente interno das condições externas aos aviários, pode resultar em ambientes para desenvolvimento adequado ou inadequado aos animais, e ainda, gerar diferentes níveis de consumo energético nas instalações.

Considerando as poucas informações e a diversidade de materiais empregados nos aviários climatizados, mostra-se imperativo o desenvolvimento de pesquisas que venham avaliar o efeito sobre o ambiente interno, do uso de fechamento por alvenaria de blocos de concreto e por cortinas de polipropileno

O objetivo do presente trabalho foi comparar o ambiente térmico no interior de dois aviários climatizados para frangos de corte, fechados com alvenaria de blocos e com cortina, assim como os índices zootécnicos em cada sistema.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Importância econômica da avicultura brasileira

O crescimento da produção mundial de carne possui correlação com o desenvolvimento da população mundial, sendo que, o aumento de 1% na população gera uma demanda de aproximadamente 1,2% no aumento da produção de carne (BELOVA; SMUTKA; ROSOCHATECKÁ, 2012).

O Brasil possui significativa atuação na produção mundial de carnes, registrando uma produção de 29 milhões de toneladas no ano de 2020, considerando os três tipos de maior consumo (carnes bovina, suína e de frango). Desses, a parcela mais expressiva, 14 milhões, corresponde à produção de carne de frango, impulsionando o Brasil como maior exportador e terceiro maior produtor no setor da avicultura (ABIEC, 2021; ABPA, 2021).

O desenvolvimento dinâmico da avicultura é resultado da adoção de variadas formas de gestão. Na década de 1960, o Brasil adotou como modelo produtivo o sistema de integração, disseminado inicialmente da região Sul (PROCÓPIO; LIMA, 2020). A integração é tida como um modelo de referência para a garantia da qualidade e do status sanitário, e pode ser explicada como a oferta de insumos e assistência técnica por parte do integrador e a responsabilidade pela criação, por parte do integrado (ABPA, 2021).

Aliada à forma de gestão integrada, a atenção voltada para os tipos de instalações e o ambiente interno proporcionado para o animal passou a ser relevante para os produtores. A maioria dos aviários no sistema integrado são abertos, possuem orientação Leste-Oeste, com cortinas laterais em polipropileno e o resfriamento interno feito por uma combinação de ventilação natural e forçada, associados ao sistema de nebulização (BARACHO et al., 2018).

A principal dificuldade de manejo na criação adensada de frangos é o controle da temperatura do ar no interior das instalações, devendo ser adequado às condições do clima e ao período de crescimento das aves (BELUSSO; HESPANHOL, 2010). À vista disso, novas abordagens para qualidade e segurança alimentar surgem da necessidade de atender o consumidor em relação ao produto final (GARCIA et al., 2018). Corroborando com essa abordagem, a intensificação de automação e tecnologias aumentou a variabilidade do ambiente térmico dos aviários, e consequentemente a variabilidade nos índices de desempenho produtivo (BARACHO et al., 2017).

O sistema usado para criar frangos é um fator crucial que afeta no desempenho das aves em termos de conforto, bem-estar, saúde e eficiência de produção (CARVALHO et al., 2015).

No Brasil existe grande diversidade de sistemas para produção de frangos de cortes, tornando-se significativos os estudos sobre os diferentes tipos de materiais empregados para promover o fechamento nos aviários (CRAVO et al., 2012; SILVA et al., 2015).

## 2.2 Tipificação dos sistemas produtivos

Durante muito tempo, os sistemas para produção de frangos de corte foram adaptados de países, cuja necessidade era de conservar o calor no interior das instalações, situação distinta da realidade climática brasileira, e, conseqüentemente, surgiram problemas relacionados à adoção de tecnologias avançadas para controle do ambiente e de concepções arquitetônicas (FERREIRA, 2016).

Saeed et al. (2019) consideram que os aviários devam ser projetados de forma a atender alguns critérios importantes: serem adequados ao clima da região; isolar o ambiente interno das condições externas; orientado leste e oeste em regiões com clima quente; manter um bom isolamento do telhado; um bom sistema de resfriamento e exaustão; além do adequado número de aves alojadas.

Para regiões de clima quente e seco, é importante que haja estudos sobre as alternativas de resfriamento evaporativo, de forma que sejam atendidas as condições para desempenho das aves, e também se torne uma solução econômica e ecologicamente viável para o produtor (RAZA et al., 2020).

No agreste brasileiro aviários entre 100 e 120m de comprimento são os mais encontrados (59%), entretanto, a largura não ultrapassa 12m, isso para que sejam atendidas as condições de clima local e não comprometa a renovação natural do ar (SILVA et al., 2015).

Com foco em produção e na qualidade do ambiente para o animal, aviários designados como convencionais, ou seja, aqueles com a presença de comedouro tubular, bebedouro pendular, sem forro e sem o controle artificial da temperatura (ABREU; ABREU, 2011) são cada vez mais incomuns. Isso devido ao incremento de tecnologia na avicultura, que faz com que ao menos a distribuição da ração e água sejam automatizadas.

Na região centro-oeste brasileira, por exemplo, Oliveira et al. (2014) relataram a presença de aviários, com 145 metros de comprimento, 14 metros de largura, ventilação positiva ou negativa, nebulização, cortina de polietileno amarela, comedouros automáticos, bebedouros tipo nipple e controle automático da temperatura.

Independente do tipo de aviário adotado, as variáveis ambientais serão aquelas que trarão interferência ao ambiente interno de criação, e em sistemas climatizados o controle é

efetuado por painéis de comando, que recebem pré definições de temperatura e umidade relativa do ar, e que, ao detectar através de sensores a alteração no ambiente, aciona todos os equipamentos que farão o ambiente retornar ao estabelecido.

### 2.2.1 Sistemas climatizados

Para atender à demanda por eficiência, controle de custos e alta produtividade na produção de frangos de corte, introduzir tecnologias para criação intensiva é uma estratégia com relevância para os resultados.

Qualquer edificação equipada com sistema de climatização detém, de forma mais satisfatória, o controle das condições térmicas ambientais para a produção. Na avicultura o sistema climatizado é descrito pelo grau de tecnificação, ou seja, os aviários são equipados com comedouro automático, bebedouro tipo nipple e ventiladores em pressão positiva ou exaustores em pressão negativa, já o resfriamento é obtido pela nebulização ou através dos painéis evaporativos, e por fim, nem sempre possuem forro, defletores e gerador de energia elétrica (ABREU; ABREU, 2011). Ainda, conforme descrito pelos autores, o fechamento lateral pode ser promovido por cortina de rafia amarela, azul, branca ou reflexiva.

Resultados promissores para as variáveis de desempenho, viabilidade de criação e índice de eficiência produtiva com aves alojadas por 41 dias, são maiores em sistema climatizados, do que aqueles obtidos pelo sistema convencional (CARVALHO FILHO et al., 2015).

Quando os aviários climatizados recebem controle da iluminação incidente sobre os animais, ele pode ser identificado como *Dark House*. Neste caso, a exaustão ocorre por pressão negativa, o resfriamento é obtido por painéis evaporativos e nebulizadores, existe a presença de forro e defletores, as cortinas que promovem o fechamento lateral são pretas de um lado e reflexivas do outro, além de ser indispensável a presença de gerador (ABREU; ABREU, 2011).

As condições ambientais ideais no sistema *Dark House* devem ser uniformes ao longo de todo aviário, no entanto novos estudos sobre tecnologias e estratégias de manejo devem ser considerados (SILVA et al., 2013; LORENCENA et al., 2019). Em algumas situações, por demandar maior eficiência no controle da transferência de calor do ambiente interno com os externo, Abreu e Abreu (2011) retrataram que pode haver tendência em substituir a vedação lateral, normalmente feita por cortinas, por paredes de alvenaria.

Por vezes autores empregam termos ligados a esses materiais para designação do aviário como, por exemplo, *Blue House* onde o fechamento lateral é por cortina azul, *Solid Wall* onde

o fechamento lateral é feito por parede sólida, entre outros (CURI et al., 2014; CARVALHO et al., 2011).

Com a diversidade de climas e na busca por um melhor isolamento do ambiente interno, é possível encontrar outras variações de fechamento. Em algumas regiões de Minas Gerais, há aviários que recebem o fechamento lateral por isopanel, que é formado por duas chapas metálicas interligadas por um elemento isolante, e também aviários que recebem a combinação de telhas de fibrocimento e madeirite, espaçadas entre si, formando um vácuo (FERREIRA, 2017).

### **2.3 Desafio térmico na avicultura**

Em climas tropicais, o principal fator de adaptação dos animais para a produção tem sido as altas temperaturas associadas a altos valores da umidade relativa do ar, que ocorrem em certas regiões do território brasileiro, reduzindo a produtividade de algumas espécies estabelecidas (ABPA, 2016).

Sendo o clima um conjunto de condições atmosféricas, este terá influência tanto sobre o conforto térmico, quanto sobre a produtividade animal. Dessa forma, Curtis (1983) fundamenta que para cada espécie existe uma faixa de temperatura, denominada zona de conforto térmico, na qual o animal apresenta melhores resultados com menor gasto energético e mínimo esforço dos mecanismos termorregulatório, possibilitando assim, melhor conversão alimentar, rápido ganho de peso e redução da mortalidade.

O estresse térmico em animais pode ser explicado como o desequilíbrio entre a produção de calor por parte do animal e a dificuldade deste em perder calor para o meio em que está inserido (SAEED et al., 2019). Dessa interação, o estresse sobre as aves pode ser devido as altas ou baixas temperaturas do ambiente.

As relações entre o ambiente e o animal os tornam um sistema no qual um reage ao outro e, portanto, a termoneutralidade é limitada a partir do momento em que o animal começa a usar as respostas fisiológicas para dissipar o estresse causado pelo ambiente (LUZ et al., 2016).

O comportamento dinâmico da avicultura estabelece ajustes diferentes para o ambiente de acordo com a idade de desenvolvimento. A fase de aquecimento é compreendida pelas três primeiras semanas de alojamento das aves e o fornecimento de calor dentro das instalações é reduzido à medida que os dias avançam, encerrando-se completamente no vigésimo primeiro dia. Já na fase de resfriamento, a partir da quarta semana de produção, a busca é por reduzir a

quantidade de calor dentro da instalação, e neste caso o sistema de resfriamento é essencial.

Para caracterizar o ambiente interno das instalações, pode-se lançar mão dos índices de conforto térmico, que foram criados na tentativa de caracterizar o efeito de fatores ambientais sobre o conforto ou desconforto dos animais (SOUZA; BATISTA, 2012).

Nos sistemas climatizados, principalmente em regiões de clima frio, existe uma predisposição dos produtores a interferirem no funcionamento do controlador, impondo estratégias pontuais de controle sobre o funcionamento das variáveis ambientais, tornando ineficaz a ambiência do aviário (LORENCENA et al., 2019).

## **2.4 Características dos sistemas fechados e climatizados**

Os diversos sistemas produtivos advindos de diferentes tecnologias constituem um grande desafio para a ambiência (ABREU; ABREU, 2011), uma vez que os animais, em regime de confinamento, modificam o ambiente tornando-o mais quente e úmido, além de elevar as concentrações dos gases.

Na decisão de implantação dos diferentes sistemas, existe a procura por maior eficiência e eficácia na produção, com pilar nas viabilidades econômica e técnica, e ênfase nos aspectos produtivos, sanitários e de bem estar das aves.

Independentemente do tipo de sistema de criação, o conforto térmico no interior das instalações será um balizador, já que, sob condições climáticas inadequadas a produção é diretamente afetada. Menegali et al. (2010) relataram dificuldades em manter as variáveis ambientais dentro das condições de conforto para aves de corte, durante o período de inverno, em sistemas semiclimatizados tanto com ventilação em pressão negativa, como em pressão positiva.

Saraz et al. (2011) concluíram, em seu estudo, que aviários com ventilação em pressão negativa e nebulização interna, apresentaram um melhor balanço de energia, com melhorias no conforto térmico para as aves, mantendo as temperaturas internas dentro da faixa preconizada. Contudo, foi observado por Silva et al. (2013) que este mesmo modelo de aviário, apresenta desuniformidade ao longo de seu comprimento e grande dependência espacial das variáveis ambientais, o que interfere no desenvolvimento das aves (umidade relativa do ar, temperatura ambiente, velocidade do vento, temperatura e umidade da cama).

A temperatura e a umidade relativa do ar são as principais variáveis que influenciam o ambiente de desenvolvimento das aves. A faixa de temperatura ideal do ambiente para criação de frangos de corte, segundo Bhadauria et al. (2014), se situa entre 18,3°C e 23,8°C. Já a

umidade relativa do ar, inversamente à temperatura, aumenta em aproximadamente 4,5% para cada 1°C reduzido dentro dos sistemas climatizados (SAEED et al., 2019).

De acordo com vários autores (AMARAL et al., 2011; CARVALHO et al., 2014; STAUB et al., 2016), o conforto térmico das aves pode ser avaliado pelo índice de temperatura do globo e umidade (ITGU). Esse índice foi desenvolvido baseado no índice de temperatura e umidade (ITU), porém emprega a temperatura de globo negro em substituição à temperatura de bulbo seco.

O índice de temperatura e umidade (ITU), apresenta valores tidos como recomendáveis maiores no início da produção avícola e, à medida que as semanas de vida dos animais aumentam, seus valores passam a reduzir (STAUB et al., 2016).

O índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) incorpora em uma única variável, a temperatura absoluta do ar, a umidade relativa do ar (UR), a radiação incidente, de forma direta, e indiretamente a velocidade do ar, na forma de temperatura de globo negro (tgn). Altos valores deste índice levam à inibição do desenvolvimento produtivo das aves. Para sistemas climatizados, do tipo *Dark House*, o efeito da radiação sobre o ambiente é atenuada, já que possui maior isolamento das condições externas.

As aves dissipam o calor de diversas formas, evaporação, vasodilatação, condução, radiação, convecção e até mesmo pelas fezes (SAEED et al., 2019). Como forma de quantificar melhor a energia contida em uma mistura de ar seco e vapor de água, Rodrigues et al. (2010), propõem o cálculo da entalpia (h), considerado tanto o calor sensível como o calor latente do ambiente. A entalpia associada à técnica *fuzzy*, pode ser considerada para identificar zonas bioclimáticas para a produção animal, facilitando identificar regiões mais propícias a instalação de novos sistemas (TAVARES et al., 2016).

A produção intensiva também pode provocar desconforto ao animal, relacionado ao nível da concentração de gases. A presença não controlada de gases nas instalações, como o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e a amônia (NH<sub>3</sub>), além de afetar o desempenho das aves, pode levar à condenação total das carcaças por ascite (CORKERY et al., 2013; EBLING; BASURCO, 2016). Corkery et al. (2013) referem que, a negligência no monitoramento da qualidade do ar e as reduções nas taxas de ventilação por parte dos produtores, está relacionada com a busca pela redução dos custos de produção com energia.

O nível aceitável da concentração desses gases para avicultura brasileira não é normatizado por lei. Entretanto, utiliza-se como referência o estabelecido pelos países importadores, sendo recomendando que os níveis de amônia não ultrapassem 20 ppm e a concentração de dióxido de carbono não ultrapasse 3.000 ppm (DIRECTIVA/CE, 2007).

A variação na concentração de amônia é influenciada pela temperatura, umidade relativa do ar, densidade animal e taxa de ventilação (MENEGALI et al., 2012; CORKERY et al., 2013). Por sua vez, o CO<sub>2</sub> é oriundo, em sua maior parte, da respiração dos animais, seguida pela fermentação aeróbia das excretas e demais resíduos da cama (HENN et al., 2014).

O desempenho dos frangos de corte também é influenciado pela intensidade de ruídos. Amaral et al. (2011), ao avaliarem o efeito do ambiente de produção sobre frangos de corte em galpão comercial convencional, com densidade de 20 aves m<sup>-2</sup>, obtiveram, como resultado, uma intensidade de ruídos em torno de 73±7 dB(A), com valor máximo de 100 dB(A) e mínimo de 35 dB(A). Os autores atribuíram os valores mínimo e máximo aos períodos em que o sistema de exaustão estava desligado e ligado, respectivamente.

Outra característica da avicultura, está relacionada ao consumo de energia, sendo que é uma das atividades de maior consumo de energia elétrica. Rech et al. (2015) citam que em Dourados-MS, por exemplo, o consumo de energia em aviários varia entre 100 a 300 kW h<sup>-1</sup>, reflexo dos cuidados na manutenção do conforto para as aves, devido às altas temperaturas médias da região.

Em um levantamento realizado em granjas de frangos de corte, localizadas no Oeste do Paraná, o custo com energia elétrica de 43% dos produtores estava na faixa de 1.500,00 a 3.500,00 reais e, 27% deles encontravam-se acima de 3.501,00 reais (SILVA et al., 2017). Ainda segundo os pesquisadores, apenas 13,8% dos entrevistados tinham conhecimento sobre alguma tecnologia para otimizar o consumo de energia elétrica.

As discussões sobre o uso de fontes alternativas de energia têm ganhado espaço no setor avícola, devido à demanda energética dos sistemas climatizados e à necessidade do uso racional dos recursos naturais.

De acordo com Arcaro et al. (2018), um sistema climatizado de produção de frangos de corte, poderá economizar 106.831kWh ano<sup>-1</sup> em energia elétrica, se o produtor optar pela instalação de painéis fotovoltaicos. Entretanto, os pesquisadores alertam que a falta de políticas econômicas de incentivo por parte do governo, dificulta a disseminação dessa fonte na matriz energética, devido ao elevado custo de implantação.

Uma alternativa na redução do consumo de energia elétrica e a produção interna de calor nos aviários, é a substituição das lâmpadas incandescentes (ou fluorescentes), por lâmpadas de diodo emissor de luz (LED), não ocorrendo interferência do uso dessas lâmpadas nos aspectos fisiológicos (BORILLE et al., 2013).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização do local e das instalações

A pesquisa foi conduzida durante os meses agosto e setembro, no inverno de 2019, em granja comercial de frangos de corte, localizada no município de Barbacena/MG, com altitude de 1.169 m, definido pelas coordenadas geográficas 21°13' de latitude Sul e 43°46' de longitude Oeste. O clima da região, de acordo com a classificação Köppen é subtropical úmido (Cwa), com uma precipitação média anual de 1.373 mm, distribuída principalmente entre os meses de outubro a março. As temperaturas médias para o inverno e o verão são de 19,7 °C e 22,7 °C, respectivamente (SÁ JUNIOR et al., 2012).

O núcleo de produção conta com sete sistemas climatizados para produção intensiva de frangos de corte. No presente trabalho foram estudadas duas instalações, diferenciadas entre si pelos materiais de vedação lateral das construções e pelos beirais.

Um dos aviários recebeu, no presente trabalho, a denominação AFC (Aviário Fechado com Cortina), o qual possui fechamento lateral em tecido de polipropileno na cor preta (face interna) e prata (face externa), trançada com gramatura de 190 micras. A cortina é instalada sobre uma mureta de 0,40 m de altura (FIGURA 1.a) e o telhado projeta um beiral de 1,20 metros. O outro aviário, denominado de AFB (Aviário Fechado com Blocos), possui fechamento lateral de alvenaria composta por blocos de concreto de 0,14 m de espessura, com uma fina camada de impermeabilizante (FIGURA 1.b), sendo que o telhado projeta um beiral de 0,30 metros.

Figura 1 - Sistemas climatizados: a) aviário climatizado com vedação lateral de cortina (AFC - “Aviário com Fechamento em Cortina”); b) aviário climatizado com vedação lateral por blocos de concreto (AFB - “Aviário Fechado com Blocos”).



Fonte: Do autor (2022).

Os aviários (AFC e AFB) possuem orientação cartográfica Leste-Oeste e as mesmas dimensões de 150 x 18,3 x 2,60 m (comprimento x largura x pé-direito). Possuem coberturas constituídas por telhas de fibrocimento de 6 mm de espessura, com inclinação de 40%, com forro flexível na cor preta, em tecido de gramatura de 130 micras, instalado na altura do pé direito.

Ambos os aviários possuem sala de operação para controle das variáveis do ambiente térmico interno (FIGURA 2). O controle se dá por meio de um painel (FIGURAS 3.a e 3.b) que recebe informações de cinco sensores de temperatura (FIGURA 4.a), dois sensores de umidade relativa do ar (FIGURA 4.b) e um de pressão estática, distribuídos conforme demonstrado na Figura 5.

Os aviários são equipados com cinco linhas de comedouros em tubo de aço galvanizado, com helicoide interno e capacidade individual de transportar 480 kg hora<sup>-1</sup> de ração; e dez linhas de bebedouros tipo nipple com vazão mínima de 60 cm<sup>3</sup> min<sup>-1</sup> a uma pressão de 4” Hg.

Figura 2 - Sala de operação com os painéis de controles, iguais para o aviário AFC e AFB.



Fonte: Do autor (2022).

Figura 3 - Controlador: a) painel de controle; b) visor com características sobre as condições do ambiente no aviário.



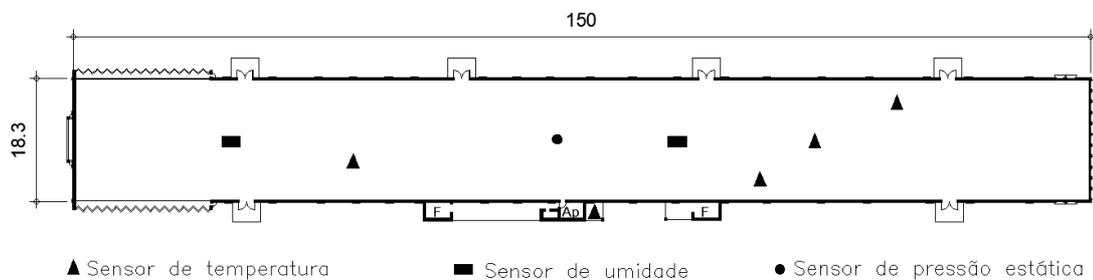
Fonte: Do autor (2022).

Figura 4 - Sensores do aviário: a) sensor de temperatura (Rotem® Platinum Plus – acurácia: 0,3°C); b) sensor de umidade relativa do ar (Rotem® Humidity Sensor – acurácia: 10%-90% (±2%), 90%-100% (±3.5%)).



Fonte: Do autor (2022).

Figura 5 - Disposição aproximada dos sensores responsáveis por enviar informações das variáveis ambientais para o painel de controle.



▲ Sensor de temperatura      ■ Sensor de umidade      ● Sensor de pressão estática

Planta Baixa – Localização aproximada dos sensores que informam a condição do ambiente no painel de controle.

Fonte: Do autor (2022).

O sistema de resfriamento, para ambos, é composto pela combinação de exaustores e painéis evaporativos, sendo que, na extremidade oeste do aviário e em partes das faces longitudinais, localizam-se conjuntos de painéis evaporativos de celulose. Os painéis laterais possuem dimensões de 20 x 1,8 x 0,15 m (comprimento x altura x profundidade) e o painel localizado na face frontal possui dimensões de 6 x 1,8 x 0,15 (comprimento x altura x profundidade) conforme ilustrado na Figura 6.a. Na extremidade leste, estão localizados 11 exaustores, sendo dispostos mais dois exaustores em cada lateral (totalizando 15 exaustores por aviário), todos com 1cv de potência, que operam com a faixa de pressão variando entre 0 a 60 Pa e vazão de 28.650 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> a 39.700 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>, de acordo com a programação estabelecida pelo técnico da granja e a fase de desenvolvimento das aves (FIGURA 6.b).

Figura 6 - Sistema de resfriamento (exaustores e painéis evaporativos): a) lateral oeste, disposição dos painéis evaporativos; b) lateral leste, disposição dos exaustores. Renderizado por V-Ray.

6.a



6.b



Fonte: Do autor (2022).

As mesmas configurações ocorrem para o sistema de ventilação mínima nos dois aviários, composta por 44 *inlets* laterais de 0,18 m<sup>2</sup>, confeccionados em chapas galvanizadas,

que se abrem de acordo com a programação do painel de controle (FIGURA 7).

Figura 7 - *Inlets* laterais com dimensões de 1,20 m x 0,15 m.



Fonte: Do autor (2022).

O sistema de iluminação, para ambos, é composto por 110 lâmpadas de LED A60 de 9W, responsáveis por fornecer 20 lux. As lâmpadas são distribuídas em três linhas (no sentido do comprimento do aviário) sob o forro da instalação e o controle de sua intensidade é estabelecido no painel, variando conforme a idade das aves.

O sistema de aquecimento em cada aviário é composto por dois aquecedores a lenha, modelo AB-33-17 Super, com motor de 5 CV. Os aquecedores possuem as dimensões de 2,70 x 1,35 x 1,91 m (comprimento x largura x altura), equipados com um fogueira (FIGURA 8).

Figura 8 - Aquecedor Agrobona, modelo AB33-17 Super.



Fonte: Do autor (2022).

### 3.2 Manejo adotado pela empresa durante o ciclo produtivo

Cada aviário recebeu a cama de serragem, com 10 cm de espessura, para criação das aves, sendo as camas usadas no AFC e AFB correspondentes ao quinto e segundo lotes de reutilização, respectivamente. Essas camas são revolvidas uma vez por semana, a partir do 14º dia de produção ou quando é diagnosticada a compactação da cama.

Os aquecedores são abastecidos com lenha manualmente e fornecem calor para o aviário automaticamente, de acordo com a programação estabelecida no painel de controle. Assim, quando o painel detecta, por meio dos sensores internos na instalação, que a temperatura do ar está abaixo do mínimo estabelecido, automaticamente é liberado calor para o interior do aviário até que a temperatura desejada seja reestabelecida (TABELA 1).

A condução de calor é feita por meio de tubulações, que são removidas ao final da fase de aquecimento (até 21º dia em períodos de inverno). Os aquecedores começam a operar dois dias antes do alojamento (dia zero), reduzindo o fornecimento de calor, gradativamente, à medida que a idade das aves avança, ou seja, o número de horas de operação diária de cada aquecedor diminui.

A operação dos dois aquecedores, dentro de um mesmo aviário, é individualizada, sendo um aquecedor instalado próximo aos painéis evaporativos (entrada de ar) e outro próximo aos exaustores (saída de ar).

Tabela 1 - Ajuste adotado pela empresa para o acionamento dos equipamentos de aquecimento e resfriamento, baseados nos valores de temperatura do ar (°C).

Idade (Dias)	Temperatura do ar desejada (°C)	Aquecimento (°C)	Túnel (°C)
0	32	31	33
4	30	29	31
7	29	28	30
14	27	26	28
21	25	24	26
28	22	21	23
35	21	20	22
42	20	19	21
49	20	19	21

Fonte: Empresa Rivelli.

O alojamento das aves, durante a fase de aquecimento, é feito numa área central restrita, denominada pinteiro.

Os pinteiros são limitados por placas de Eucatex, com 50 cm de altura, instaladas no sentido da largura do aviário (18,3 m), e são movimentados diariamente, a partir do quarto dia de produção, no sentido do centro para as extremidades do aviário. Ou seja, é feita a recolocação das placas de eucatex a quatro metros de distância da posição anterior, abrindo-se, assim, espaço para desenvolvimento das aves.

Na extremidade que ocorre a entrada de ar, são instaladas três cortinas, do piso até o forro e distantes três metros entre si, para evitar eventuais entradas excessivas de ar (FIGURA 9).

Figura 9 - Cortina de contenção de entrada de ar excessiva, de ocorrência ocasional.



Fonte: Do autor (2022).

As cortinas utilizadas nos pinteiros são abaixadas sempre que ocorre temperatura externa elevada (durante a fase de aquecimento) e o painel controlador acionar um grande número de exaustores, juntamente com a abertura dos túneis.

No processo de abertura dos pinteiros, essas cortinas são movimentadas até o início dos painéis evaporativos, onde aguardarão o desligamento definitivo dos aquecedores, para serem removidas (21º dia de produção). A primeira área a ser liberada completamente, e portanto, ocupada pelas aves, será no sentido do exaustores. Os pinteiros e as cortinas são removidas no 21º dia de produção, quando também ocorre o desligamento dos aquecedores e a remoção da tubulação que conduzia calor. Nesse momento as aves passam a ocupar completamente o aviário.

A ventilação mínima durante a fase de aquecimento é fornecida pela abertura dos *inlets* laterais, que ocorre conforme a programação estabelecida no painel de controle. Ainda no período de aquecimento, os *inlets* que se abrem são aqueles localizados dentro da área de

pinteiro, ou seja, à medida que os pinteiros são movidos, mais *inlets* são empregados para proporcionar a ventilação mínima evitando desperdício de energia.

Para cada aviário houve o alojamento de 50.000 aves da linhagem Ross 308 (AP95), perfazendo uma densidade média de 18,2 aves por m<sup>2</sup>. As fêmeas foram alojadas próximo aos painéis evaporativos e os machos próximo aos exautores, sendo que essa separação foi mantida até o final do ciclo.

A faixa de temperatura do ar, considerada como ideal para cada idade de desenvolvimento das aves, é resultado das observações de comportamento de vários lotes consecutivos dentro desse setor de produção. Portanto, cada faixa de temperatura estabelecida muda gradativamente a cada três dias, decaindo-se à medida que a idade avança. Alterações diretamente no painel de controle só ocorrem quando a interferência do ambiente externo é relevante para o ambiente interno do aviário.

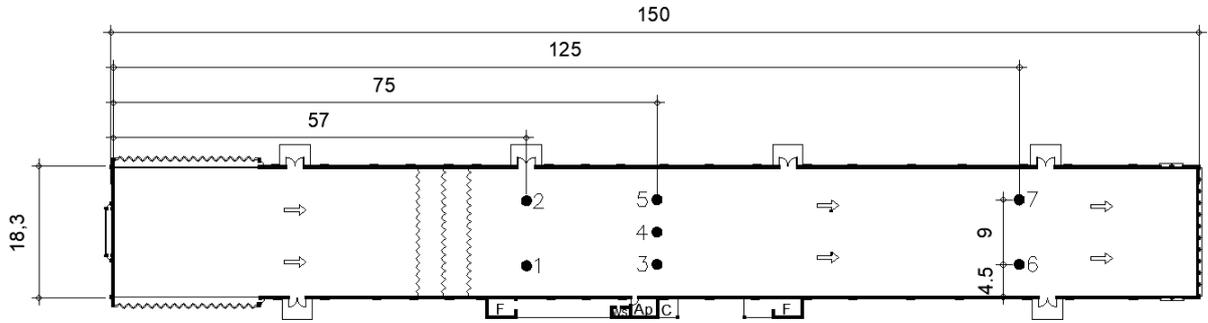
O controle da intensidade de luz ocorre a partir do quarto dia de produção, quando inicia-se o fornecimento de horas de escuro (a iluminação é 100% desligada), no período das 18h às 24h, totalizando seis horas de escuro. Esse processo será mantido até o 22° dia de produção, quando se reduz para cinco horas de escuro, portanto, o desligamento ocorre às 18h e é retomado às 23h. Até o 21° dia de produção, a iluminação permanece ligada, fornecendo 100% da intensidade (20 lux). A partir do 22° dia, a intensidade é reduzida para 43% (8,6 lux). No 29° dia de produção, o período de fornecimento de escuro ocorre das 18h às 22h, perfazendo quatro horas de escuro, sendo que, durante o fornecimento de luz, a intensidade de luz passa para 37% (7,4 lux). No 36° dia de produção, ocorre a redução de mais uma hora no período de escuro, sendo que o desligamento ocorre das 18h às 21h e a intensidade de luz fornecida permanece em 37%. Por fim, no 41° dia de produção, são fornecidas apenas duas horas de escuro, das 18h às 20h, e, quando iluminado, o aviário se encontra com 33% de intensidade, o que aproxima-se de 6,6 lux, fornecidos até o final da produção.

### **3.3 Medição das variáveis ambientais**

O estudo ocorreu durante o período de inverno e, para obter as informações referentes às variáveis ambientais, foram amostrados, um ponto externo, localizado entre os dois aviários, e em sete pontos internos em cada aviário, com disposição variada conforme o manejo das aves pela empresa (FIGURA 10). As informações levantadas foram: temperatura do ar (°C) e umidade relativa do ar (%).

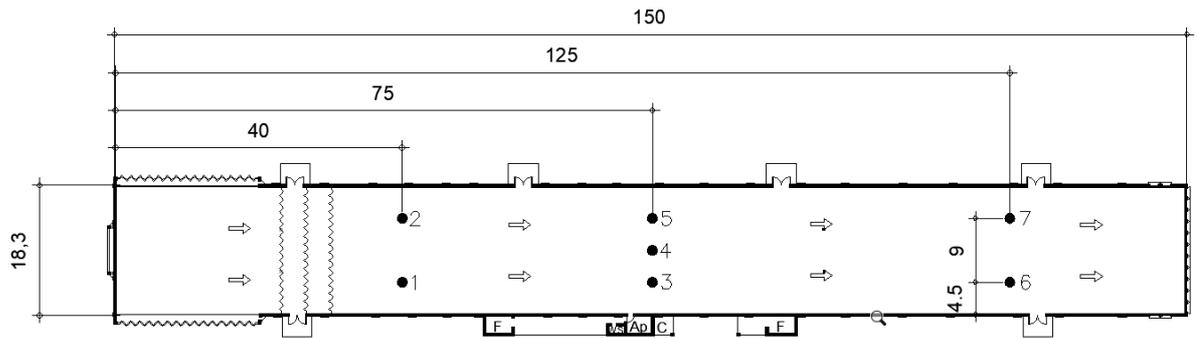
Figura 10 - Pontos amostrados nos aviários: a) disposição dos pontos amostrados na primeira semana de produção; b) disposição dos pontos amostrados na segunda e terceira semana de produção; c) disposição dos pontos amostrados para quarta, quinta e sexta semana de produção.

a)



Aviário Climatizado – Pontos amostrados para 1ª SEMANA

b)



Aviário Climatizado – Pontos amostrados para 2ª e 3ª SEMANA

c)



 Exautores     
  Painel Evaporativo     
  Direção do ar     
  Datalogger  
 Bloqueio de entrada excessiva de ar

Aviário Climatizado – Posição dos pontos amostrados para 4ª, 5ª e 6ª SEMANA

PLANTA BAIXA

Esc1:1000

Uni.: metros

Fonte: Do autor (2022).

Para a leitura e registro das variáveis ambientais, foram utilizados, em cada aviário, e na mesma disposição, *dataloggers* portáteis da marca Hobo<sup>®</sup>, modelo U12-13, com precisão de  $\pm 0,35$  °C para a temperatura e  $\pm 2,5\%$  para a umidade relativa do ar.

Os *dataloggers* foram programados para coletarem os dados a cada cinco minutos, durante 24 horas, até o encerramento do ciclo de produção. Os instrumentos de avaliação do ambiente térmico foram posicionados na altura das aves onde se situam a ração e a água (AVIAGEN, 2018), sendo essa altura ajustada nos primeiros dias de alojamento (10 cm), devido à estatura das aves (FIGURA 11).

Figura 11 - *Datalogger* para coleta das variáveis ambientais.



Fonte: Do autor (2022).

### 3.4 Avaliação do ambiente térmico no interior das instalações

De posse das variáveis coletadas, e com vistas à avaliação do ambiente térmico no interior dos aviários, foi determinado o índice de temperatura e umidade (ITU), proposto por Thom (1959) por meio da Equação 1:

$$\text{ITU} = \text{tbs} + (0,36 \text{ tpo}) + 41,2 \quad (1)$$

em que:

tbs é temperatura de bulbo seco (°C),

tpo é temperatura de ponto de orvalho (°C).

Foi calculada a entalpia ( $h$ ), considerada por Rodrigues et al. (2010), que pondera tanto o calor sensível, como o calor latente (EQUAÇÃO 2), sendo um notável índice de conforto para sistemas pecuários.

$$h = 1,006.t + \frac{RH}{pB} \cdot 10^{(7,5.t/237,3 + t)} \cdot (71,28 + 0,052.t) \quad (2)$$

em que:

$h$  é a entalpia ( $\text{kJ kg}^{-1}$  ar seco),

$RH$  é a umidade relativa do ar (%),

$pB$  é a pressão atmosférica (mmHg),

$t$  é a temperatura média do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ).

### 3.5 Respostas produtivas dos frangos

O alojamento das aves para os dois aviários ocorreu no mesmo dia e totalizou quarenta e dois dias de produção, acompanhados diariamente. Foram levantadas, ao final do ciclo produtivo, informações junto à Empresa sobre o consumo de ração, consumo de água e mortalidade para posterior cálculo dos índices de produção.

O ganho de peso médio foi obtido do lote misto, pela subtração do peso médio das aves ao final do ciclo ( $P_{m42}$ ) pelo peso médio no dia de alojamento ( $P_{maloj.}$ ), conforme Equação 3.

$$GP_m = P_{m42} - P_{maloj} \quad (3)$$

em que:

$GP_m$  é o ganho de peso médio (kg).

$P_{m42}$  é o peso médio ao final de 42 dias (kg).

$P_{maloj}$  é o peso médio do lote no dia do alojamento (kg).

Acrescentando as informações produtivas, a conversão alimentar é definida com base no consumo médio de ração pelo ganho de peso médio ao final do ciclo produtivo, conforme Equação 4.

$$CA = \text{CMR}/GP_m \quad (4)$$

em que:

$CA$  é a conversão alimentar.

CMR é o consumo médio de ração (kg).

$GP_m$  é o ganho de peso médio (kg).

Por sua vez, a eficiência alimentar indica a capacidade da ave em converter a ração consumida em peso vivo, portanto pode ser obtida pela divisão do ganho de peso médio por ave pelo consumo médio de ração por ave, ao final do ciclo produtivo, conforme Equação 5.

$$EA = GP_m / CMR \quad (5)$$

em que:

EA é a eficiência alimentar.

$GP_m$  é o ganho de peso médio (kg).

CMR é o consumo médio de ração (kg).

### 3.6 Análise estatística

Considerando o manejo idêntico para os aviários, o início conjunto da produção e, com o intuito de investigar as diferenças ambientais internas devido ao tipo de fechamento, os pontos amostrados foram agrupados em três regiões. Sendo assim, os postos 1 e 2 constituem a região de entrada de ar, os pontos 3, 4 e 5, constituem a região central, e por fim, os pontos 6 e 7, constituem a região de saída de ar.

Para filtrar as informações obtidas durante o ciclo produtivo, os valores das variáveis foram separados em quatro períodos de seis horas (1 - de 0h às 05:59 horas; 2 - de 06h às 11:59 horas; 3 - de 12h às 17:59 horas; e 4 - de 18h às 23:59 horas). O ciclo ainda foi dividido em duas fases, sendo do 1° ao 21° dia correspondente à fase de aquecimento, e do 22° ao 42° dia correspondente à fase de resfriamento.

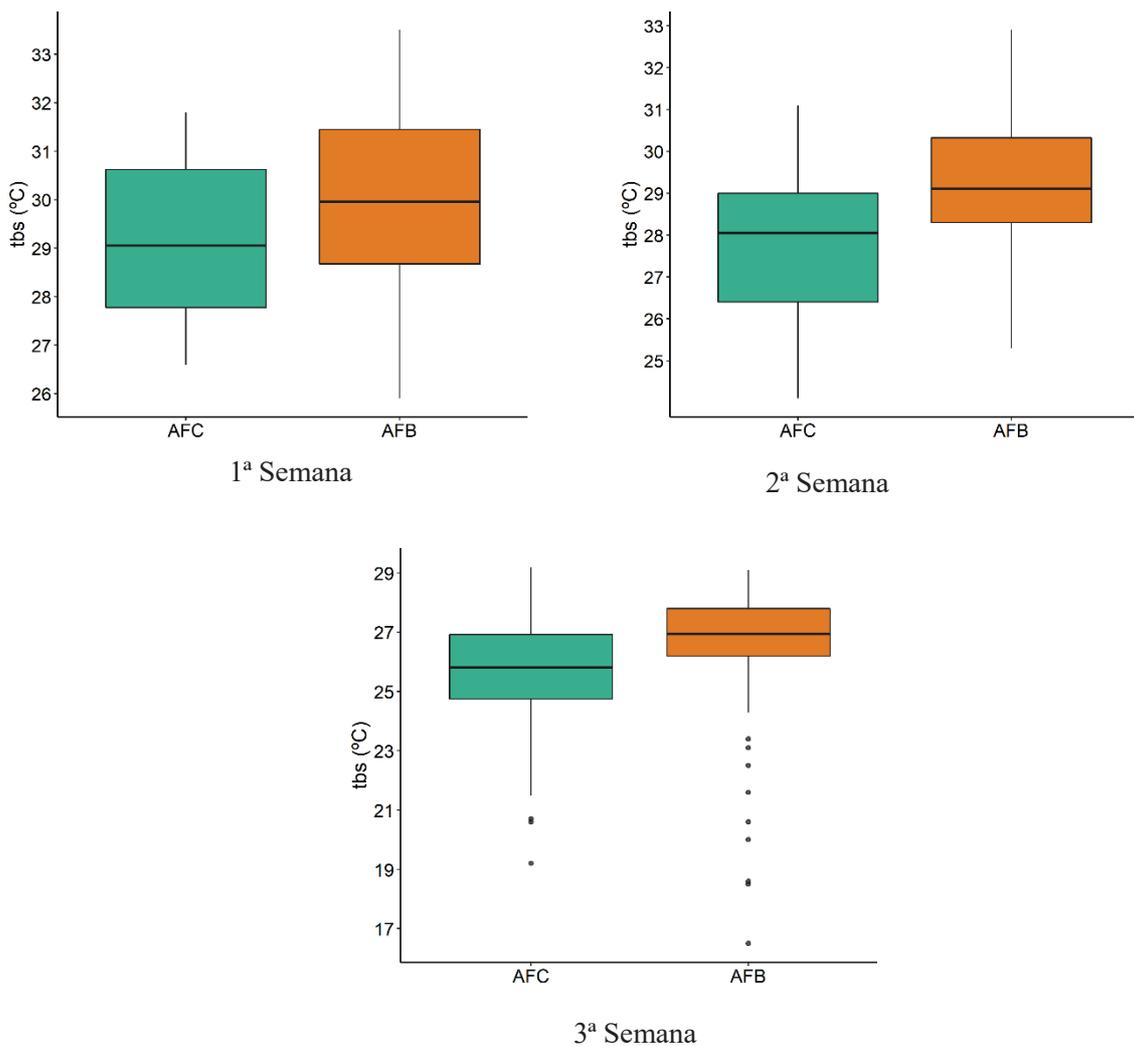
Com posse das informações, as análises foram geradas por semanas, adotando o delineamento em bloco casualizado (DBC), utilizando-se o esquema de parcelas subdivididas no tempo, sendo os dias considerados como blocos, os aviários como parcelas, as regiões como subparcelas e os períodos como subsubparcelas. Em seguida foi realizado o desdobramento das interações e aplicado o teste de comparação de médias Tukey a 5% de probabilidade. Para o desenvolvimento estatístico foi utilizado o *software R* (*R Core Team*, 2019), e para a parte gráfica, o *software MS Excel* 2013.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Fase de aquecimento

A Figura 12 dispõe a variabilidade dos dados registrados para temperatura do ar nos dois aviários nas semanas, correspondentes ao período de aquecimento. Verifica-se que com o decorrer dessas semanas, há uma redução na área da caixa correspondente aos valores mais representativos, indicando a tendência de pouca alteração no cenário da temperatura do ar dentro das instalações.

Figura 12 - Variabilidade dos dados para temperatura do ar (°C) na fase de aquecimento, no aviário com fechamento por cortina (AFC) e no aviário com fechamento por bloco de concreto (AFB).



Fonte: Do autor (2022).

Complementado os resultados mostrados na Figura 12, observa-se, na Tabela 2, que o aviário AFB mantém, durante as três semanas de aquecimento, a temperatura média do ar mais elevada que o aviário AFC, indicando a maior susceptibilidade do fechamento em cortinas em realizar transferir calor para o ambiente externo. Na terceira semana, verifica-se a ocorrência de *outliers* para os dois aviários, entretanto mais recorrente no aviário AFB. Esses valores discrepantes são indicativos de interferência e reforçam a necessidade de esmiuçar os dados, afim de identificar a ocorrência e as características das regiões para desenvolvimento das aves, assim como as faixas de horários mais críticos para esses animais.

Neste caso, considerando a interação entre aviários e a região de registro dos dados, os resultados são dispostos na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores médios semanais para variável temperatura do ar (°C) em relação às regiões dentro do aviário com fechamento por cortina (AFC) e do aviário com fechamento por blocos de concreto (AFB), na fase de aquecimento\*

Variável	Semana	Região	Interação Aviário x Região	
			AFC	AFB
Temperatura do ar (°C)	1	Entrada de ar	29,4 ± 1,6 bA	32,4 ± 1,3 aA
		Central	28,9 ± 1,5 aA	29,7 ± 1,1 aB
		Saída de ar	29,0 ± 1,5 aA	28,4 ± 1,2 aC
	2	Entrada de ar	27,6 ± 1,9 bA	30,0 ± 1,6 aA
		Central	27,8 ± 1,7 bA	29,1 ± 1,4 aB
		Saída de ar	27,9 ± 1,8 bA	28,7 ± 1,1 aB
	3	Entrada de ar	24,7 ± 2,4 bB	25,3 ± 3,7 aB
		Central	26,0 ± 1,7 bA	26,7 ± 1,1 aA
		Saída de ar	25,9 ± 2,0 bA	27,1 ± 0,9 aA

\*As médias seguidas por mesma letra minúscula nas linhas, e mesma letra maiúscula nas colunas, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Fonte: Do autor (2022).

Na primeira semana, os aviários diferem significativamente (3°C) na região denominada entrada de ar. Essa característica resulta da proximidade do sensor de coleta com a tubulação que conduz calor para dentro da instalação, e o fato dos aquecedores operarem individualmente, conforme as necessidades internas do aviário.

Quando observadas as regiões dentro de um mesmo aviário, verifica-se que o AFC manteve as regiões com as condições do ambiente térmico mais homogêneo em relação ao AFB, que apresentou diferença significativa entre as regiões. Essa característica também é observada para AFC na segunda semana, ressaltando que a fase de aquecimento, chamada de pinteiro, tem como característica o fornecimento de calor e o manejo com limitação de área dentro dos aviários, neste caso com boa homogeneidade.

Levando-se em consideração os valores recomendados pelo manual da linhagem (AVIAGEN, 2018), em que a temperatura na primeira semana deve permanecer dentro do intervalo de 30°C a 27°C, o aviário AFC demonstrou melhor ajuste para atender a essa recomendação.

Nas semanas seguintes (2 e 3), os aviários apresentaram diferenças estatísticas em todas as regiões, sendo as maiores médias registradas no aviário AFB, corroborando com o apresentando na Figura 12.

Os valores recomendados para a temperatura na segunda semana de produção, variam de 26°C a 24°C (AVIAGEN, 2018). Neste caso, foram registradas, nos dois aviários, temperaturas acima dessa recomendação, para todas as regiões avaliadas.

Na prática, nas instalações comerciais, nota-se que os produtores tomam esses valores como referência, entretanto, para a tomada de decisões, também se baseiam no progresso do desempenho dos lotes e da variação do tempo na região. Essa ocorrência foi observada na segunda semana de produção, onde a temperatura externa aos aviários, apresentou um valor médio de 16,8°C, portanto, houve a necessidade de maior fornecimento de calor dentro da instalação, afim de não comprometer o ambiente para desenvolvimento das aves.

Um bom manejo do ambiente térmico na fase de aquecimento irá refletir num bom desempenho do animal no final do ciclo de produção (FERRAZ et al., 2019). Até o décimo quarto dia de vida (segunda semana), os sistemas termorreguladores dos pintinhos não estão totalmente desenvolvidos (OLANREWAJU et al., 2010), refletindo na necessidade da instalação em dispor de um sistema de aquecimento eficiente, de forma a fornecer temperatura adequada nessa fase.

Para a terceira semana de produção, em que a faixa de temperatura recomendada alterna entre 24°C a 22°C (AVIAGEN, 2018), foram registrados valores maiores que 24°C, tanto para AFC como AFB. Na terceira semana de produção observou-se o impacto das condições externas sobre o ambiente interno, em que a temperatura média registrada foi de 16°C.

Cassuce et al. (2013) expõem a importância de atualização constante dos valores de referência para a temperatura de conforto térmico até 21 dias de produção de frangos de corte.

Essa consideração é oportuna, uma vez que o aperfeiçoamento genético dos animais e as adequações nas tecnologias, principalmente as relacionadas à ambiência, sofrem evoluções constantes.

Durante a fase de aquecimento, tendo-se em conta a baixa idade das aves e a característica climática da região (temperaturas baixas nessa época do ano), considera-se que, valores elevados para temperatura do ar dentro das instalações, não permanecendo constante, não comprometerá o desenvolvimento das aves.

Em relação aos horários em que os dados foram coletados, a Tabela 3 fornece a interação entre a temperatura do ar no interior dos aviários e os quatro períodos (horários), onde entende-se que a variação de temperatura no intervalo de seis horas pode ser mínima.

Tabela 3 - Valores médios semanais para temperatura do ar (°C) em relação aos períodos, dentro do aviário com fechamento por cortina (AFC) e do aviário com fechamento por bloco de concreto (AFB), na fase de aquecimento\*

Variável	Semana	Período	Interação Aviário x Período	
			AFC	AFB
Temperatura (°C)	1	00:00 – 05:59	28,7 ± 1,9 aBC	29,3 ± 2,4 aB
		06:00 – 11:59	29,8 ± 0,9 aAB	30,2 ± 2,1 aAB
		12:00 – 17:59	30,1 ± 1,1 aA	31,0 ± 1,6 aA
		18:00 – 23:59	27,8 ± 0,7 bC	30,1 ± 2,1 aAB
	2	00:00 – 05:59	27,1 ± 1,3 bBC	29,3 ± 1,3 aA
		06:00 – 11:59	27,8 ± 1,9 bB	29,3 ± 2,0 aA
		12:00 – 17:59	29,0 ± 1,3 aA	29,2 ± 1,1 aA
		18:00 – 23:59	26,9 ± 1,8 bC	29,0 ± 1,4 aA
	3	00:00 – 05:59	24,5 ± 1,8 bC	25,9 ± 3,0 aC
		06:00 – 11:59	25,6 ± 2,1 bB	26,8 ± 1,9 aB
		12:00 – 17:59	27,7 ± 1,4 aA	27,4 ± 1,6 aA
		18:00 – 23:59	24,5 ± 1,4 bC	25,5 ± 2,6 aC

\* As médias seguidas por mesma letra minúscula nas linhas, e mesma letra maiúscula nas colunas, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Fonte: Do autor (2022).

Averiguou-se, por meio desta interação, que, independentemente do período, o aviário fechado com blocos de concreto (AFB) manteve as médias para temperatura do ar com valores mais elevados que o aviário fechado com cortinas (AFC).

Na primeira semana, os aviários apresentaram diferença estatística apenas na faixa de horário correspondente às 18 h e 23:59 h.

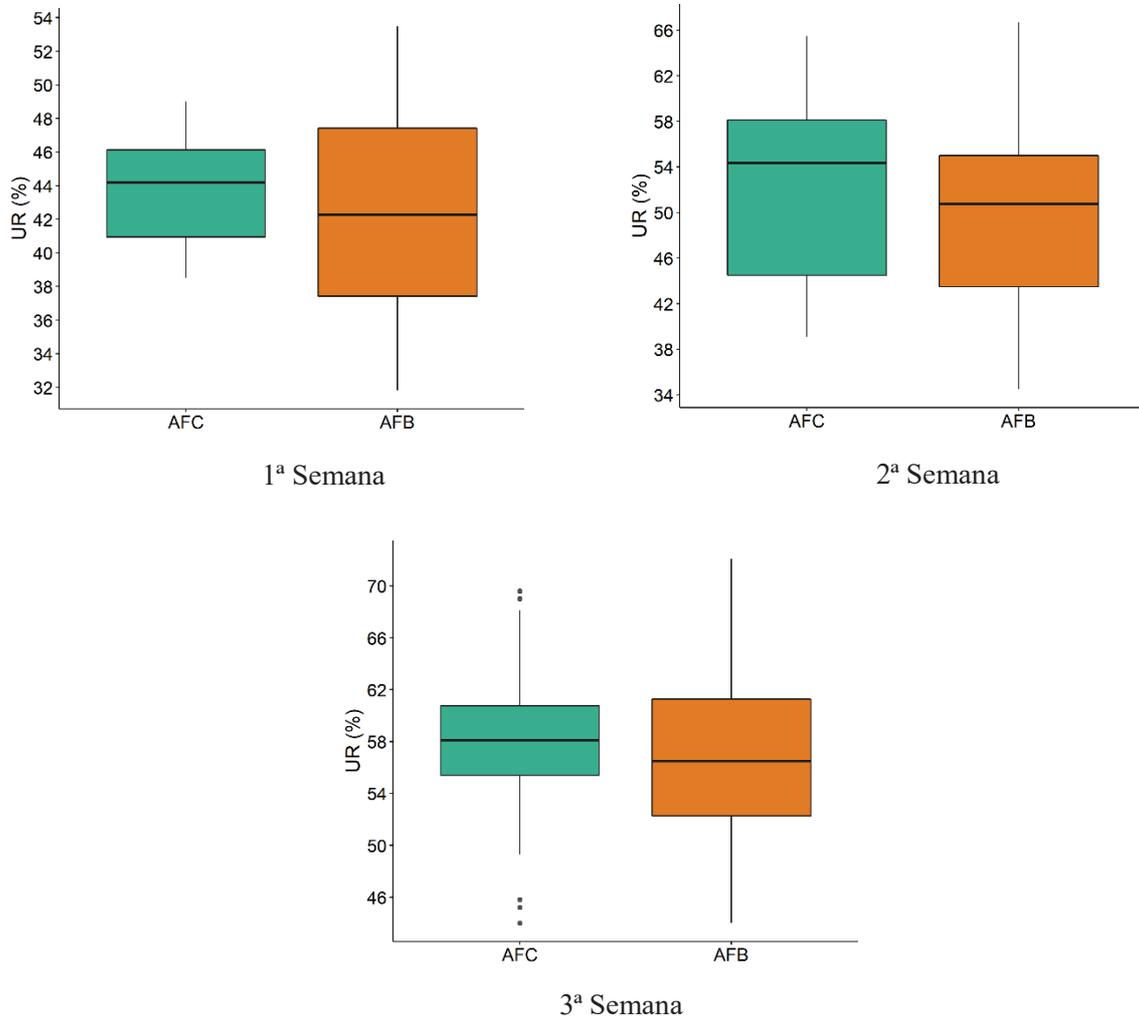
Na segunda e terceira semanas de produção, no período do dia compreendido entre 12h e 17:59 horas, em que as instalações recebem maior insolação, nota-se que os valores registrados para temperatura interna do ar não apresentaram diferenças significativas entre os aviários.

Estando os pintinhos em fase de desenvolvimento inicial (três primeiras semanas de vida), o período mais crítico para esses animais pode ser considerado entre 0h e 05:59 horas, devido às quedas bruscas de temperatura, e, para este período, na segunda e terceira semanas, os aviários foram estatisticamente diferentes. Nesse horário a fornalha está em constante funcionamento para manter o calor para dentro da instalação.

Em relação à temperatura que é sentida pelo animal, esta depende da interação entre a temperatura do ar e a umidade relativa do ar (AVIAGEN, 2018), portanto a umidade relativa do ar produzirá efeito direto sobre o animal e a forma com que ele dissipa calor para o ambiente. De forma geral, a associação de valores elevados de temperatura do ar, com valores acima de 75 – 80% de umidade relativa do ar, afetam diretamente o desenvolvimento dos frangos, que produzirá efeitos sobre o bem estar animal, a produtividade e na qualidade da carne (ALBINO et al., 2014).

A variabilidade dos dados registrados para umidade relativa do ar (UR, %) durante as semanas de aquecimento, podem ser observados na Figura 13.

Figura 13 - Variabilidade dos dados de umidade relativa do ar (UR; %) registrados na fase de aquecimento, no aviário com fechamento por cortina (AFC) e no aviário com fechamento por bloco de concreto (AFB).



Fonte: Do autor (2022).

Considerando o conjunto de dados avaliados, o aviário fechado com blocos de concreto (AFB), apresentou maior variabilidade nos dados registrados nas três semanas de aquecimento, quando comparado à variabilidade apresentada pelo aviário AFC, entretanto, esse registrou valores do tipo *outliers* na terceira semana, que resultarão num maior desvio padrão.

Os valores registrados da variável UR (%) em relação às regiões para cada aviário estão descritos na Tabela 4.

Tabela 4 - Valores médios semanais para umidade relativa do ar (UR; %) em relação as regiões durante a fase de aquecimento, no aviário com fechamento por cortina (AFC) e no aviário com fechamento por bloco de concreto (AFB)\*

Variável	Semana	Região	Interação Aviário x Região	
			AFC	AFB
Umidade Relativa do ar (%)	1	Entrada de ar	40,7 ± 1,7 aB	35,3 ± 2,3 bC
		Central	44,5 ± 1,7 aA	42,7 ± 2,5 bB
		Saída de ar	46,2 ± 2,3 bA	48,9 ± 2,4 aA
	2	Entrada de ar	51,3 ± 7,6 aB	45,9 ± 7,5 bC
		Central	52,1 ± 6,9 aAB	49,6 ± 6,9 bB
		Saída de ar	53,2 ± 7,1 aA	52,8 ± 6,7 aA
	3	Entrada de ar	57,4 ± 5,0 aB	55,1 ± 7,3 aB
		Central	57,3 ± 4,6 aB	56,3 ± 5,0 aB
		Saída de ar	58,6 ± 5,5 aA	59,7 ± 6,3 aA

\* As médias seguidas por mesma letra minúscula nas linhas, e mesma letra maiúscula nas colunas, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Fonte: Do autor (2022).

A recomendação para umidade relativa do ar, de acordo com o manual de manejo da linhagem Ross 308, varia entre 60 a 70%, sendo salientado que, valores baixos podem ocorrer durante a fase de aquecimento, em aviários fechados e com a presença de bebedouros do tipo nipple (AVIAGEN, 2018). Em consonância com essa advertência, foram registrados, durante as três semanas de aquecimento, valores abaixo da faixa recomendada para umidade relativa do ar, tanto em AFC, como em AFB.

É possível relacionar as horas de funcionamento do sistema de aquecimento com os valores registrados para umidade relativa do ar. Neste caso, à medida em que aumentam os dias de vida do animal e portanto, se reduz as horas de fornecimento de calor para dentro da instalação, ocorre o aumento de umidade relativa do ar. Assim, a terceira semana foi caracterizada por pelo registro de ambientes estaticamente iguais para AFC e AFB.

A variabilidade expressiva ocorrida em AFC, no decorrer das três semanas de aquecimento, pode indicar a facilidade do material de fechamento lateral em fazer trocas com o ambiente externo.

Em relação às regiões, os maiores valores de UR foram obtidos na saída de ar dos aviários, ou seja, próximo aos exaustores. Na região da saída do ar, pode haver acúmulo da

umidade com aquela expelida pelas aves no decorrer de todo o galpão.

Quando avaliada pelos períodos (horários), a variável UR não apresentou diferenças significativas (TABELA 5) para primeira e terceira semana de produção. Entretanto, foi possível observar que os maiores valores ocorreram entre 0h e 05:59h, como esperado, devido à baixa temperatura externa. Por conseguinte, os menores valores registrados foram durante o período de 12h até as 17:59h, mesmo horário em que são registrados os maiores valores para a variável temperatura.

Tabela 5 - Valores médios semanais para umidade relativa do ar (UR; %) em relação aos períodos, dentro do aviário com fechamento por cortina (AFC) e do aviário com fechamento por bloco de concreto (AFB) na fase de aquecimento\*

Variável	Semana	Período	Interação Aviário x Período	
			AFC	AFB
Umidade Relativa do ar (%)	1	00:00 – 05:59	45,1 ± 3,3 aA	43,8 ± 6,9 aA
		06:00 – 11:59	43,4 ± 2,9 aB	42,5 ± 6,6 aB
		12:00 – 17:59	42,1 ± 2,8 aC	41,0 ± 5,3 aC
		18:00 – 23:59	44,5 ± 2,4 aB	41,9 ± 6,4 aB
	2	00:00 – 05:59	52,7 ± 6,0 aA	49,4 ± 6,7 bA
		06:00 – 11:59	52,5 ± 8,0 aA	50,2 ± 9,0 bA
		12:00 – 17:59	50,4 ± 7,8 aB	48,8 ± 7,9 bB
		18:00 – 23:59	53,1 ± 6,8 aA	49,3 ± 6,5 bA
	3	00:00 – 05:59	61,5 ± 3,7 aA	60,6 ± 7,0 aA
		06:00 – 11:59	59,2 ± 4,5 aB	56,8 ± 6,0 aB
		12:00 – 17:59	52,0 ± 3,8 aC	52,2 ± 4,3 aC
		18:00 – 23:59	58,4 ± 2,3 aB	58,5 ± 5,8 aB

\* As médias seguidas por mesma letra minúscula nas linhas, e mesma letra maiúscula nas colunas, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Fonte: Do autor (2022).

A associação das variáveis temperatura do ar e umidade relativa do ar, por meio de equações, retorna ao produtor, um indicador de conforto para o ambiente interno de edificações, podendo auxiliar na tomada de decisões durante um ciclo produtivo. Neste caso, foi considerado o índice de temperatura e umidade para a associação das variáveis do ambiente térmico. Em

sistemas fechados e com controle climático, a interferência por radiação do ambiente externo não traz grandes alterações para o ambiente interno.

Considerando para primeira semana o intervalo de referência de 72,2 a 80 (Silva et al., 2004) para o ITU, os valores calculados indicaram que os dois aviários apresentaram condições de conforto térmico favoráveis ao desenvolvimento das aves (TABELA 6).

Tabela 6 - Valores médios para o Índice de Temperatura e Umidade (adimensional) em relação as regiões dentro dos aviários na fase de Aquecimento\*

Variável	Semana	Região	Interação Aviário x Região	
			AFC	AFB
ITU	1	Entrada de ar	76,3 ± 2,1 bA	79,4 ± 1,8 aA
		Central	76,1 ± 2,0 aA	76,9 ± 1,4 aB
		Saída de ar	76,5 ± 1,5 aA	75,9 ± 1,4 aB
	2	Entrada de ar	75,1 ± 2,0 bA	77,6 ± 1,4 aA
		Central	75,4 ± 1,8 bA	76,9 ± 1,3 aB
		Saída de ar	75,7 ± 1,8 bA	76,8 ± 1,0 aB
	3	Entrada de ar	72,0 ± 2,9 bB	72,5 ± 4,4 aB
		Central	73,7 ± 1,9 bA	74,5 ± 1,2 aA
		Saída de ar	73,7 ± 2,2 bA	75,4 ± 0,9 aA

\*As médias seguidas por mesma letra minúscula nas linhas, e mesma letra maiúscula nas colunas, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Fonte: Do autor (2022).

Para a segunda e terceira semanas de produção, os aviários apresentaram valores estatisticamente diferentes entre si, sendo que o aviário AFC, manteve as médias próximas dos valores referidos de 64,8 a 76 (Silva et al., 2004). Os maiores valores calculados para AFB, de 79,4 e 77,6, foram registrados na região de entrada de ar do aviário, para primeira e segunda semana, respectivamente. Já para AFC, os maiores valores calculados (76,5, 75,7 e 73,7) ocorreram sempre na região próxima da saída de ar do aviário. Situações em que valores elevados para o ITU são registrados na região de saída de ar, podem ocorrer mesmo que os aviários sejam do tipo climatizado, conforme encontrado por Coelho et al. (2019), que registraram variação na terceira semana entre 68,7 a 79,1.

A vantagem de um integrado utilizar índices que retratam a condição de um ambiente,

é que pode ser gerado tabelas com valores adequados para cada região em que estejam localizados seus integrados. Dessa forma, auxilia na identificação de condições desfavoráveis para um bom desempenho animal, principalmente para aquele produtor que dispõe de pouca tecnologia para controlar o ambiente dentro do aviário.

Na Tabela 7, observam-se os valores calculados do índice de temperatura e umidade por períodos (horários). Os valores de ITU mais acentuados, ocorreram entre as 12h e 17:59h. No geral, para a segunda e terceira semana de criação, os valores obtidos de ITU no interior dos aviários AFB foram maiores, levando a considerar que, mantidas sob as mesmas condições de funcionamento dos equipamentos climatizadores, o material de fechamento, no caso blocos de concreto, diminui as trocas térmicas com o ambiente externo. Durante a primeira semana de criação, esse comportamento foi observado apenas no período de 18 às 23:59 h.

Tabela 7 - Valores médios do Índice de Temperatura e Umidade (ITU, adimensional) em relação aos períodos dentro dos aviários na fase de Aquecimento\*

Variável	Semana	Período	Interação Aviário x Período	
			AFC	AFB
ITU	1	00:00 – 05:59	75,9 ± 2,6 aB	76,5 ± 2,7 aB
		06:00 – 11:59	77,2 ± 1,3aAB	77,5 ± 2,0 aAB
		12:00 – 17:59	77,3 ± 1,3 aA	78,4 ± 1,5 aA
		18:00 – 23:59	74,7 ± 1,0 bB	77,3 ± 2,0 aB
	2	00:00 – 05:59	74,6 ± 1,6 bC	77,2 ± 1,1 aA
		06:00 – 11:59	75,6 ± 1,8 bB	77,3 ± 1,8 aA
		12:00 – 17:59	76,9 ± 1,1 aA	77,0 ± 0,9 aA
		18:00 – 23:59	74,5 ± 1,8 bC	76,8 ± 1,2 aA
	3	00:00 – 05:59	72,1 ± 4,3 bBC	73,8 ± 3,6 aBC
		06:00 – 11:59	73,3 ± 4,7 bB	74,7 ± 2,3 aAB
		12:00 – 17:59	75,0 ± 4,1 bA	75,4 ± 2,1 aA
		18:00 – 23:59	71,8 ± 3,7 bC	73,1 ± 3,2 aC

\*As médias seguidas por mesma letra minúscula nas linhas, e mesma letra maiúscula nas colunas, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Fonte: Do autor (2022).

Os valores calculados para a entalpia (h), em relação às regiões dentro dos aviários AFC

e AFB, estão descritos na Tabela 8. Observa-se, nos dois aviários, a tendência de valores elevados na região próxima à de saída de ar (TABELA 8).

Tabela 8 - Valores médios para entalpia ( $\text{kJ kg}^{-1}$  ar seco), em relação as regiões, dentro dos aviários na fase de aquecimento\*

Variável	Semana	Região	Interação Aviário x Região	
			AFC	AFB
Entalpia ( $\text{kJ kg}^{-1}$ ar seco)	1	Entrada de ar	$59,6 \pm 4,4$ bA	$63,4 \pm 4,1$ aA
		Central	$60,9 \pm 4,5$ bA	$61,7 \pm 3,4$ aA
		Saída de ar	$62,3 \pm 4,3$ aA	$62,3 \pm 2,8$ aA
	2	Entrada de ar	$61,3 \pm 3,8$ bB	$64,6 \pm 2,8$ aB
		Central	$62,3 \pm 3,8$ bB	$64,7 \pm 2,9$ aB
		Saída de ar	$63,4 \pm 2,8$ bA	$65,8 \pm 2,4$ aA
	3	Entrada de ar	$56,9 \pm 5,5$ aB	$57,2 \pm 7,7$ aC
		Central	$60,6 \pm 3,5$ aA	$62,2 \pm 2,7$ aB
		Saída de ar	$61,1 \pm 3,6$ bA	$65,5 \pm 2,6$ aA

\*As médias seguidas por mesma letra minúscula nas linhas, e mesma letra maiúscula nas colunas, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Fonte: Do autor (2022).

A entalpia (h) dará como resposta, dentro da instalação, a quantidade de calor presente no ambiente, sendo que as aves, nos primeiros dias de vida, não possuem um sistema termorregulador bem desenvolvido, e, portanto, não conseguem manter uma reserva de energia suficiente para se adequar às condições de estresse do ambiente (MENEGALI et al., 2013).

A variação para os valores de entalpia calculados na primeira semana, foi menor que a variação observada por Ferraz et al. (2018), em que obtiveram valores entre 59 a  $90 \text{ kJ kg}^{-1}$  ar seco, para o mesmo período. Ponciano et al. (2012) consideram uma faixa mais ampla ( $60$  a  $101 \text{ kJ kg}^{-1}$  ar seco) para a segunda semana de produção, neste caso, os valores calculados resultaram na indicação de um ambiente favorável, permanecendo dentro da faixa de  $60$  a  $101 \text{ kJ kg}^{-1}$  ar seco.

Em relação aos períodos avaliados, não houve diferença significativa entre AFC e AFB, para a primeira semana. Para o aviário AFC, os valores mais elevados de entalpia ocorreram sempre entre as 12h e 17:59h. Dentro do AFB, a entalpia tem comportamento mais variado,

sendo que os menores valores ocorrem entre 18h e 23:59h (TABELA 9).

Tabela 9 - Valores médios entalpia ( $\text{kJ kg}^{-1}$  ar seco) em relação aos períodos dentro dos aviários na fase de Aquecimento\*

Variável	Semana	Período	Interação Aviário x Período	
			AFC	AFB
Entalpia	1	00:00 – 05:59	60,8 ± 6,3 aA	61,3 ± 5,4 aAB
		06:00 – 11:59	62,6 ± 3,8 aA	62,7 ± 2,9 aA
		12:00 – 17:59	62,5 ± 2,6 aA	64,0 ± 1,8 aA
		18:00 – 23:59	57,8 ± 2,6 aB	62,0 ± 2,7 aB
	2	00:00 – 05:59	61,1 ± 4,3 bBC	65,4 ± 2,4 aA
		06:00 – 11:59	62,7 ± 2,7 bB	65,8 ± 2,6 aA
		12:00 – 17:59	64,9 ± 2,5 aA	64,6 ± 3,5 aA
		18:00 – 23:59	60,6 ± 3,1 bC	64,3 ± 2,3 aA
	3	00:00 – 05:59	58,6 ± 4,3 bAB	62,4 ± 7,0 aAB
		06:00 – 11:59	60,3 ± 4,7 bA	62,8 ± 5,2 aA
		12:00 – 17:59	62,4 ± 4,1 aA	61,6 ± 5,0 bA
		18:00 – 23:59	56,7 ± 3,7 bB	59,8 ± 6,4 aB

\*As médias seguidas por mesma letra minúscula nas linhas, e mesma letra maiúscula nas colunas, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Fonte: Do autor (2022).

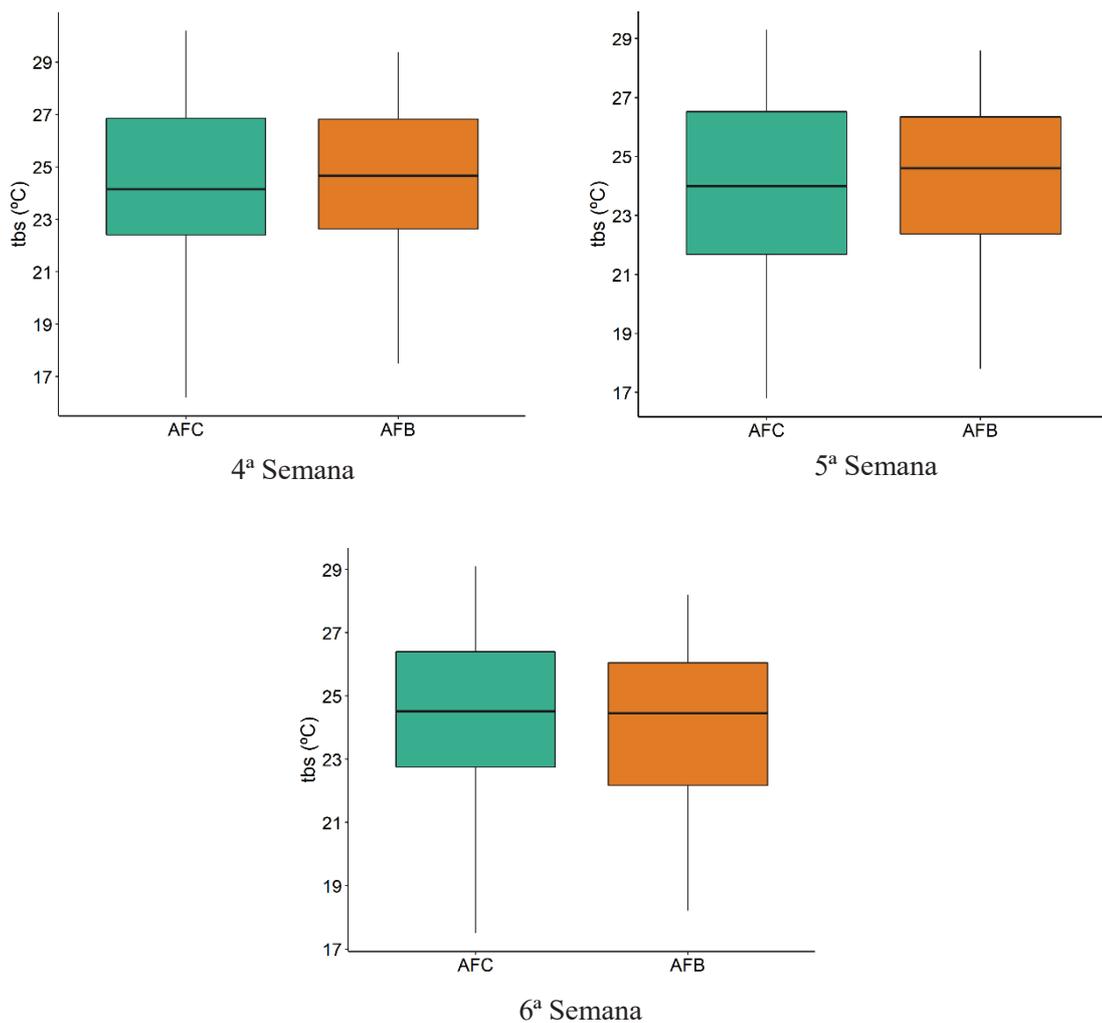
## 4.2 Fase de resfriamento

Com o início da fase de resfriamento, o desafio a ser alcançado, em termos de ambiência, no interior dos aviários, deixa de ser o aquecimento para se tornar a necessidade de resfriamento, para a manutenção do ambiente térmico dentro da zona de conforto das aves, para que essas possam expressar seu melhor desenvolvimento. Para essa fase, foram considerados todos os dias seguintes ao desligamento do equipamento responsável pelo fornecimento de calor, sendo, neste caso, compreendida pelos dados registrados entre o vigésimo segundo dia e o quadragésimo segundo dia de produção.

Na fase de resfriamento, um maior número de exaustores funcionam afim de

proporcionar um ambiente com as características mais homogêneas possíveis. Dessa forma, observa-se, na Figura 14 a variabilidade dos dados registrados para a variável temperatura do ar.

Figura 14 - Variabilidade para temperatura do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ) na fase de resfriamento, no aviário com fechamento por cortina (AFC) e no aviário com fechamento por bloco de concreto (AFB).



Fonte: Do autor (2022).

De acordo com a Figura 14, no aviário AFC foi registrada maior variabilidade para temperatura do ar, ao mesmo tempo que observa-se um comportamento de formação das caixas nos gráficos semelhante para AFB.

Na Tabela 10, os valores da temperatura do ar aparecem desdobrados por regiões, a fim de identificar possíveis diferenças relacionadas aos tipos de aviários estudados.

Tabela 10 - Valores médios para temperatura do ar (°C) em relação as regiões dentro dos aviários na fase de resfriamento\*

Variável	Semana	Região	Interação Aviário x Região	
			AFC	AFB
Temperatura (°C)	4	Entrada de ar	22,4aC ± 3,5	22,7aC ± 3,0
		Central	24,3aB ± 2,8	24,6aB ± 2,5
		Saída de ar	26,2aA ± 2,4	26,1aA ± 2,3
	5	Entrada de ar	22,2aC ± 3,1	22,6aC ± 2,5
		Central	23,9aB ± 2,6	24,5aB ± 2,3
		Saída de ar	25,7aA ± 2,3	25,8aA ± 2,1
	6	Entrada de ar	22,8aC ± 2,8	22,7aC ± 2,7
		Central	24,1aB ± 2,3	24,1aB ± 2,3
		Saída de ar	26,0aA ± 2,0	25,3aA ± 2,1

\* As médias seguidas por mesma letra minúscula nas linhas, e mesma letra maiúscula nas colunas, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Fonte: Do autor (2022).

Os valores registrados para as regiões não apresentaram diferenças significativas entre o aviário AFC e AFB. Constata-se que ambos operaram de forma semelhante, sendo que os valores mais elevados de temperatura do ar foram registrados na região de saída de ar (entre 25,3°C a 26,2°C), e, por sua vez, os valores mais baixos (entre 22,2°C a 22,8°C), foram registrados na região de entrada de ar.

As temperaturas recomendadas para essas semanas de criação (4, 5 e 6), variam entre 22°C a 20°C (AVIAGEN, 2018), sendo que valores próximos a estes só foram registrados na posição próxima à entrada de ar. A variação geral da temperatura do ar para a fase de resfriamento, considerando todas as regiões analisadas no interior dos aviários, foi de 22,2°C a 26,2°C, mínimo e máximo, respectivamente. Em outras situações, principalmente em regiões com climas diferentes do observado neste trabalho, essa amplitude pode ser considerada satisfatória, como demonstra Abreu e Abreu (2011), que recomendam que os aviários mantenham uma faixa de temperatura entre 20°C a 26°C.

Considerando os períodos em que as variáveis foram registradas (Tabela 11), os aviários AFC e AFB, apresentaram diferenças estatísticas entre os valores obtidos de temperatura do ar, sem, contudo, manter um padrão entre as semanas. Entretanto, conforme esperado, os menores

valores de temperatura ocorreram no período correspondente à madrugada (00 h - 05:59 h) e os maiores no período entre 12 h e 17:59 h. Para o período de maior incidência solar sobre os aviários, registrou-se no AFB os menores valores para quarta e quinta semana, em relação ao AFC, sendo a diferença de 0,6°C e 0,4°C, respectivamente.

Tabela 11 - Valores médios para temperatura do ar (°C) em relação aos períodos dentro dos aviários na fase de resfriamento\*

Variável	Semana	Período	Interação Aviário x Período	
			AFC	AFB
Temperatura (°C)	4	00:00 - 05:59	22,6aC ± 2,6	22,9aC ± 2,4
		06:00 - 11:59	24,4bB ± 2,9	25,4aB ± 2,7
		12:00 - 17:59	26,8aA ± 3,4	26,3aA ± 3,0
		18:00 - 23:59	23,4aC ± 2,7	23,3aC ± 2,2
	5	00:00 - 05:59	21,1bD ± 2,1	21,9aD ± 2,1
		06:00 - 11:59	24,1bB ± 2,4	25,3aB ± 2,3
		12:00 - 17:59	27,2aA ± 1,5	26,6bA ± 1,4
		18:00 - 23:59	23,3aC ± 2,2	23,4aC ± 2,0
	6	00:00 - 05:59	22,1aC ± 2,4	21,7aD ± 2,1
		06:00 - 11:59	24,1aB ± 2,2	24,6aB ± 2,1
		12:00 - 17:59	27,0aA ± 1,4	26,4bA ± 1,3
		18:00 - 23:59	24,0aB ± 2,4	23,4bC ± 2,2

\*As médias seguidas por mesma letra minúscula, nas linhas, e mesma letra maiúscula, nas colunas, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Fonte: Do autor (2022).

Quando a temperatura do ar ultrapassa os 25°C, a taxa de crescimento dos frangos reduz significativamente (BARACHO et al., 2018; COBB-VANTRESS, 2018). Em estado de estresse por temperatura elevada, o consumo de ração é reduzido, o consumo de água é aumentado, e, fisiologicamente, o sangue é desviado dos órgãos para a pele, tornando-a escura e o frango fica ofegante, levando cerca de cinco dias para se aclimatizar às altas temperaturas (RATH et al., 2015).

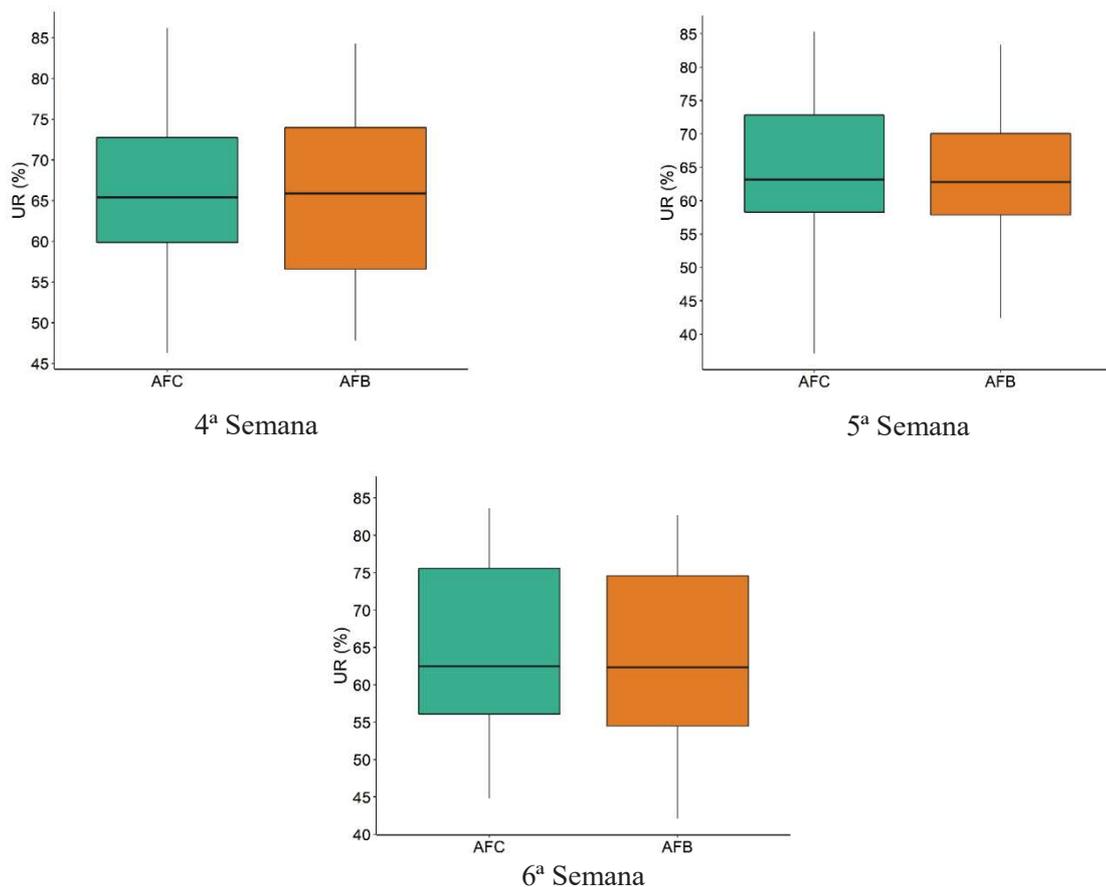
No presente trabalho, mesmo tendo sido conduzido durante o inverno, foram observados

valores de temperatura do ar em nível que pode causar estresse térmico aos animais, principalmente, no período compreendido entre 12h e 17:59h, no interior de ambos os aviários.

O estresse térmico e a exaustão animal são as principais causas da morte de frangos de corte, especialmente quando elevados valores de temperatura do ar são associados a altos valores de umidade relativa do ar, tornando uma combinação de elevado estresse para as aves (RATH et al., 2015).

O controle da umidade relativa do ar durante a fase de resfriamento influencia diretamente na produção, sendo que os aviários avaliados, não apresentaram grande variabilidade no registro dos dados entre as semanas (FIGURA 15).

Figura 15 - Variabilidade para umidade relativa do ar (UR; %) na fase de resfriamento, no aviário com fechamento por cortina (AFC) e no aviário com fechamento por bloco de concreto (AFB).



Fonte: Do autor (2022).

Considerando as regiões dos aviários onde foram tomados os dados, a umidade relativa do ar variou de forma inversa à temperatura do ar, sendo os maiores valores registrados próximo à região de entrada de ar, e os menores na região da exaustão de ar (TABELA 12).

Tabela 12 - Valores médios para umidade relativa do ar (%) em relação as regiões dentro dos aviários na fase de resfriamento\*

Variável	Semana	Região	Interação Aviário x Região	
			AFC	AFB
Umidade Relativa do ar (%)	4	Entrada de ar	67,2aA ± 12,0	66,7aA ± 11,6
		Central	65,3aB ± 10,6	64,6aB ± 10,1
		Saída de ar	63,7aC ± 8,8	64,1aC ± 9,0
	5	Entrada de ar	66,0aA ± 11,4	66,0aA ± 9,8
		Central	64,5aB ± 10,5	63,0aB ± 9,0
		Saída de ar	62,7aC ± 9,0	62,6aC ± 8,4
	6	Entrada de ar	66,2aA ± 12,0	65,3aA ± 12,7
		Central	64,7aB ± 11,5	63,3aB ± 11,3
		Saída de ar	63,4aC ± 10,0	62,7aC ± 10,1

\* As médias seguidas por mesma letra minúscula nas linhas, e mesma letra maiúscula nas colunas, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Fonte: Do autor (2022).

Observa-se que, em relação às regiões, os aviários não apresentaram diferença significativa, e os valores registrados estiveram dentro da faixa indicada como adequada, de 60 a 70%, pelo manual de manejo da linhagem ROSS AP95 (AVIAGEN, 2018). A recomendação da manutenção da UR nessa faixa está relacionada ao fato de que, quando a UR está acima de 70%, o processo de perda de calor do animal por meio da evaporação fica comprometido. Por sua vez, quando a UR está abaixo de 50%, pode haver maior produção de poeiras e microrganismos nas instalações (CORKERY et al., 2013).

Por sua vez, Souza e Batista (2012), reforçam que, de uma forma geral, a perda de calor por meio da sudorese ou o aumento da frequência respiratória é influenciada diretamente pela umidade relativa do ar, ou seja, quanto maior a UR aliada a altas temperaturas, menos eficiente é a dissipação do calor. No caso das aves, esse processo se torna ainda mais restritivo, uma vez que essas somente perdem calor latente por via respiratória.

Examinando os horários, a UR registrada nos aviários apresentaram três situações estatisticamente diferentes. A primeira, ocorreu no período entre 6 h e 11:59 h, na quarta semana, sendo que a umidade relativa do ar (65,3%) no interior do AFC foi maior que no AFB (62%). A segunda e terceira situações ocorreram na quinta semana, e neste caso, no período de

6 h às 11:59 h, a maior UR foi registrada no AFC (65%), e no período de 12 h às 17:59 h, a maior UR foi registrada no AFB (56,3%) (TABELA 13).

Tabela 13 - Valores médios da umidade relativa do ar (%) em relação aos períodos dentro dos aviários na fase de resfriamento\*

Variável	Semana	Período	Interação Aviário x Período	
			AFC	AFB
Umidade Relativa do ar (%)	4	00:00 - 05:59	71,3aA ± 5,5	72,1aA ± 4,6
		06:00 - 11:59	65,3aB ± 8,5	62,0bB ± 9,0
		12:00 - 17:59	56,3aC ± 12,9	57,4aC ± 12,1
		18:00 - 23:59	68,3aB ± 7,4	69,0aA ± 6,7
	5	00:00 - 05:59	73,3aA ± 5,4	70,9aA ± 5,9
		06:00 - 11:59	65,0aB ± 7,5	62,1bC ± 8,2
		12:00 - 17:59	53,3bC ± 8,9	56,3aD ± 7,4
		18:00 - 23:59	66,1aB ± 7,4	66,2aB ± 8,2
	6	00:00 - 05:59	71,3aA ± 10,2	70,5aA ± 10,7
		06:00 - 11:59	66,9aB ± 11,0	64,1aB ± 11,0
		12:00 - 17:59	56,3aC ± 7,2	55,8aC ± 7,9
		18:00 - 23:59	65,0aB ± 10,5	64,6aB ± 10,8

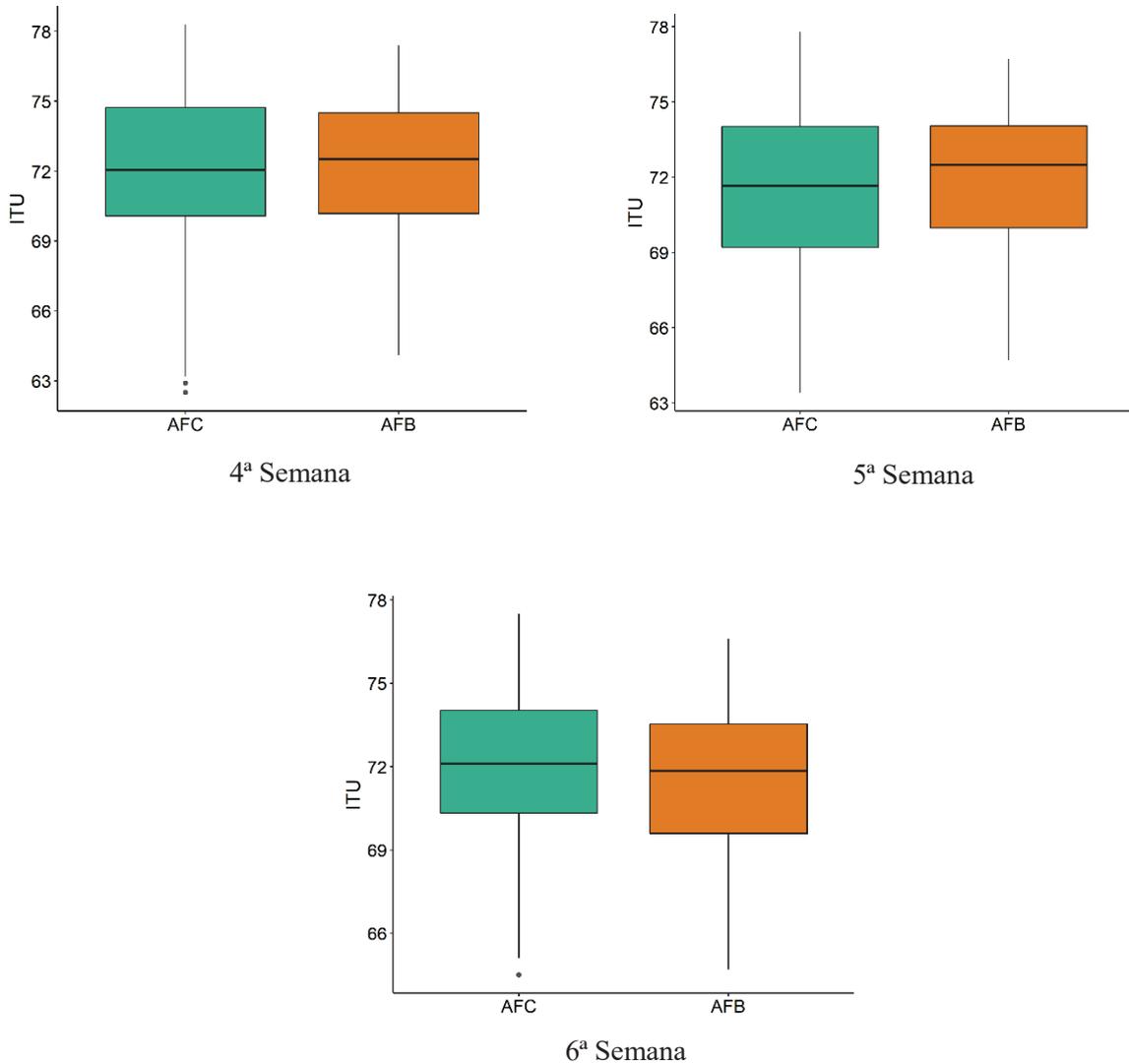
\*As médias seguidas por mesma letra minúscula nas linhas, e mesma letra maiúscula nas colunas, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Fonte: Do autor (2022).

Observando-se os resultados expostos na Tabela 13, desprende-se que os maiores valores da umidade relativa do ar ocorram no período entre 0h e 5:59h e os menores, por sua vez, entre 12h e 17:59h. Tendência essa também observada por Freitas et al. (2018), na avaliação espacial das variáveis em instalações para poedeiras, registrando os menores valores no período intitulado tarde (33%) e os maiores no período intitulado madrugada (67%).

No presente trabalho, a variação do índice de temperatura e umidade, para as semanas de resfriamento, pode ser visualizada na Figura 16. Observa-se que não ocorreram diferenças significativas entre os dois aviários avaliados.

Figura 16 - Variabilidade dos dados para o Índice de Temperatura e Umidade (ITU, adimensional) na fase de resfriamento no aviário com fechamento por cortina (AFC) e no aviário com fechamento por bloco de concreto (AFB).



Fonte: Do autor (2022).

Assim como as variáveis ambientais temperatura e umidade relativa do ar, o índice de temperatura e umidade (ITU) foi avaliado em três diferentes regiões dos aviários (TABELA 14) e em diferentes períodos (horários) (TABELA 15).

De maneira semelhante à variável temperatura do ar, a variação do ITU ocorreu com valores mais elevados na região próxima à saída do ar nos aviários.

Tabela 14 - Valores médios para o Índice de Temperatura e Umidade (ITU - adimensional) em relação as regiões dos aviários na fase de resfriamento\*

Variável	Semana	Região	Interação Aviário x Região	
			AFC	AFB
ITU	4	Entrada de ar	69,6aC ± 3,7	70,0aC ± 3,2
		Central	72,1aB ± 3,0	72,4aB ± 2,6
		Saída de ar	74,4aA ± 2,6	74,3aA ± 2,3
	5	Entrada de ar	69,3aC ± 3,4	69,8aC ± 2,7
		Central	71,4aB ± 2,7	72,1aB ± 2,5
		Saída de ar	73,7aA ± 2,4	73,8aA ± 2,3
	6	Entrada de ar	70,1aC ± 2,9	69,8aC ± 2,7
		Central	71,7aB ± 2,3	71,6aB ± 2,3
		Saída de ar	74,2aA ± 2,0	73,2aA ± 2,1

\*As médias seguidas por mesma letra minúscula nas linhas, e mesma letra maiúscula nas colunas, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Fonte: Do autor (2022).

Considerando a faixa de valores de ITU citada por Silva et al. (2004), entre 56,6 e 68,0, tomada como referência, para semanas correspondentes ao resfriamento, os dois aviários registraram índices que configuram uma situação de alerta.

Manter o índice de temperatura e umidade dentro das faixas ideais de conforto, pode ser uma situação mais complexa a campo. Os valores calculados neste trabalho, estão próximos ao que foi obtido (73,8) no estudo de Staub et al. (2016), ao avaliarem a ambiência para aves com 42 dias e em meses de baixa pluviosidade. Por sua vez, a amplitude dos valores calculados para ITU, variou entre 69,3 a 74,4, sendo menor que a obtida de 60 a 70, por Dalólio et al. (2016), em aviário não climatizado e com manejo de cortinas laterais. Portanto, a manutenção das laterais fechadas dos aviários, associadas aos equipamentos responsáveis por equilibrar as condições do ambiente, podem resultar num ambiente interno com baixa variabilidade térmica.

Na Tabela 15 estão indicados os valores de ITU calculados para diferentes períodos (horários). Na quarta semana, ocorreu diferença significativa apenas no período compreendido entre 6h e 11:59h, sendo o maior valor 73,2, obtido no aviário AFB. Na quinta semana, os dois aviários apresentam diferenças significativas durante os períodos, de 0 h às 5:59 h e de 6 h às 11:59 h, sendo os maiores valores, de 69,3 e 73,3, registrados no AFB.

Tabela 15 - Valores médios do Índice de Temperatura e Umidade (ITU, adimensional) em relação aos períodos (horários), no interior dos aviários, na fase de resfriamento\*

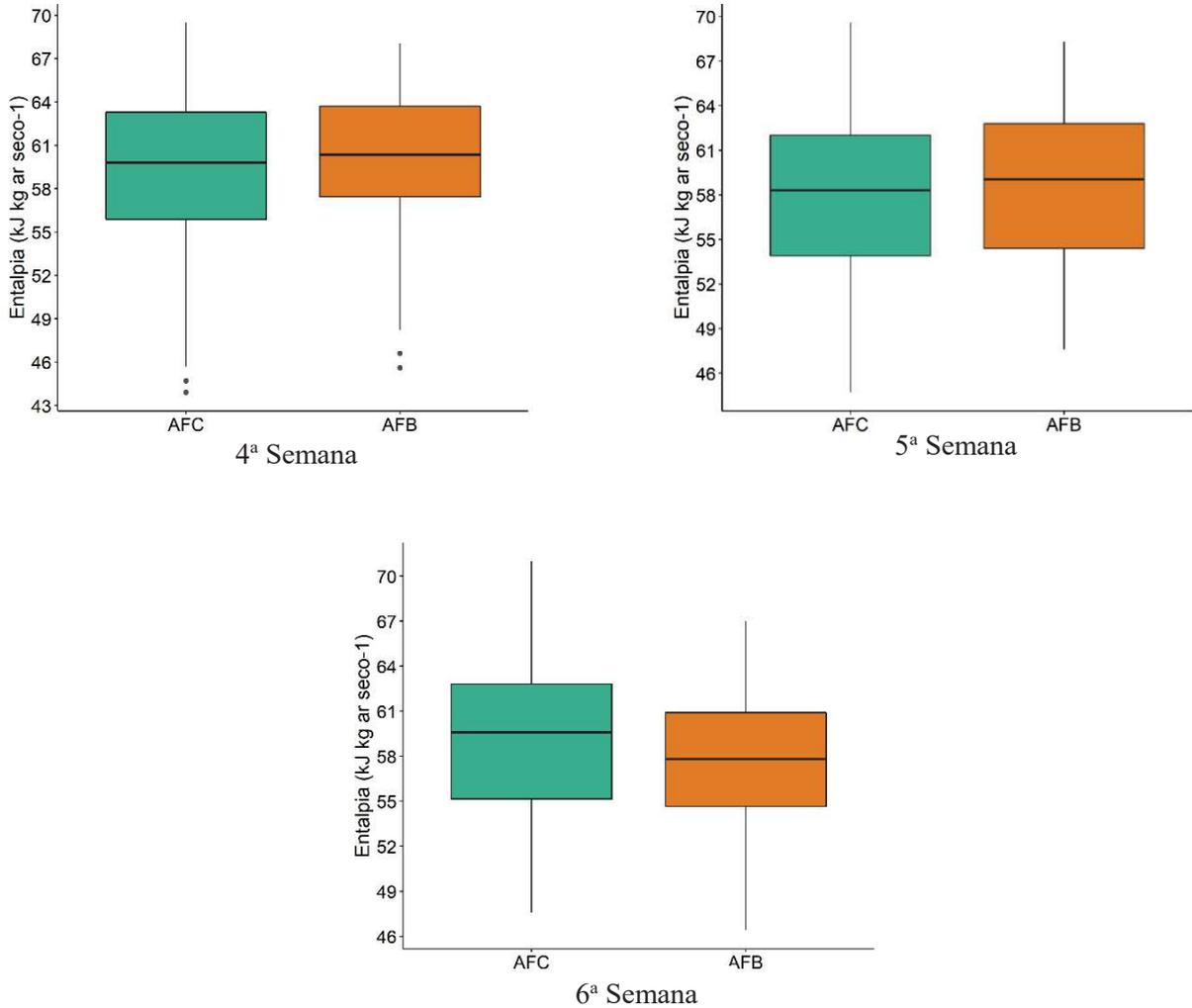
Variável	Semana	Período	Interação Aviário x Período	
			AFC	AFB
ITU	4	00:00 - 05:59	70,3aC ± 3,3	70,8aB ± 3,1
		06:00 - 11:59	72,2bB ± 3,3	73,2aA ± 3,0
		12:00 - 17:59	74,5aA ± 3,6	74,0aA ± 3,1
		18:00 - 23:59	71,1aC ± 3,2	71,0aB ± 2,5
	5	00:00 - 05:59	68,4bD ± 2,7	69,3aD ± 2,5
		06:00 - 11:59	71,8bB ± 2,7	73,1aB ± 2,5
		12:00 - 17:59	74,8aA ± 1,8	74,3aA ± 1,8
		18:00 - 23:59	70,9aC ± 2,7	70,9aC ± 2,3
	6	00:00 - 05:59	69,6aD ± 2,7	69,0aD ± 2,2
		06:00 - 11:59	72,0aB ± 2,3	72,2aB ± 2,1
		12:00 - 17:59	74,7aA ± 1,7	74,0aA ± 1,4
		18:00 - 23:59	71,6aC ± 2,6	70,8aC ± 2,2

\*As médias seguidas por mesma letra minúscula nas linhas, e mesma letra maiúscula nas colunas, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Fonte: Do autor (2022).

Tomada como referência para avaliar o ambiente, os valores de entalpia calculados para as semanas de resfriamento não apresentaram diferenças significativas entre os aviários AFC e AFB (FIGURA 17).

Figura 17 - Variabilidade para Entalpia ( $\text{kJ kg}^{-1} \text{ ar seco}^{-1}$ ), na fase de resfriamento, no aviário com fechamento por cortina (AFC) e no aviário com fechamento por blocos de concreto (AFB).



Fonte: Do autor (2022).

Quando calculada por região, a entalpia também não apresentou diferença significativa entre os aviários. Assim como o índice ITU, os menores valores foram calculados na região de entrada de ar e os maiores, foram calculados na região de saída de ar (TABELA 16).

Tabela 16 - Valores médios para Entalpia ( $\text{kJ kg}^{-1}$  ar seco), em relação às regiões no interior dos aviários, na fase de resfriamento\*

Variável	Semana	Região	Interação Aviário x Região	
			AFC	AFB
Entalpia	4	Entrada de ar	54,4aC $\pm$ 4,9	55,2aC $\pm$ 4,7
		Central	59,4aB $\pm$ 3,8	60,0aB $\pm$ 3,3
		Saída de ar	64,6aA $\pm$ 3,8	64,4aA $\pm$ 3,0
	5	Entrada de ar	53,4aC $\pm$ 5,1	54,7aC $\pm$ 4,4
		Central	57,7aB $\pm$ 4,2	59,0aB $\pm$ 4,2
		Saída de ar	62,6aA $\pm$ 4,2	62,8aA $\pm$ 4,2
	6	Entrada de ar	55,2aC $\pm$ 4,1	54,4aC $\pm$ 3,7
		Central	58,5aB $\pm$ 3,6	57,7aB $\pm$ 3,6
		Saída de ar	64,0aA $\pm$ 3,3	61,2bA $\pm$ 3,4

\*As médias seguidas por mesma letra minúscula nas linhas, e mesma letra maiúscula nas colunas, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Fonte: Do autor (2022).

Barbosa Filho et al. (2007) propõem valores de referência para entalpia de acordo com a semana de produção, sendo: 49,5 a 57,7  $\text{kJ kg}^{-1}$  ar seco para a quarta semana; 39,6 a 54,9  $\text{kJ kg}^{-1}$  ar seco para a quinta semana e de 37 a 52,0  $\text{kJ kg}^{-1}$  ar seco para a sexta semana. Considerando esses valores, os aviários apresentaram situações de conforto nas regiões de entrada de ar, para quarta e quinta semanas (TABELA 16). Os valores calculados nas outras regiões e também na sexta semana, indicam um estado de cuidado, em que deve-se estar atento ao comportamento do animal para evitar perdas produtivas, já que altos valores de entalpia, indicam maior calor presente nas instalações, e portanto, maior dificuldade do animal transferir calor para o meio.

Por sua vez, os valores calculados para entalpia foram maiores que os valores médios (17,3  $\text{kJ kg}^{-1}$  ar seco) observados na sexta semana por OLIVEIRA; GODOI; PASSINI (2015), em galpões para matrizes com dimensões de 224,3 m x 12,3 m (comprimento x largura). Contudo, valores para entalpia que exprimem situação de cuidado também foram obtidos em estudos semelhantes (TAVARES et al., 2016; SILVA et al., 2020; FAUSTINO et al., 2021).

Considerando os períodos em que foi calculada a entalpia, não houve diferença significativa entre os aviários, nas semanas correspondentes à fase de resfriamento (TABELA

17).

Tabela 17 - Valores médios Entalpia ( $\text{kJ kg}^{-1}$  ar seco), em relação aos períodos (horários), no interior dos aviários, na fase de resfriamento\*

Variável	Semana	Período	Interação Aviário x Período	
			AFC	AFB
Entalpia ( $\text{kJ kg}^{-1}$ ar seco)	4	00:00 - 05:59	57,9aB $\pm$ 6,7	59,3aB $\pm$ 6,8
		06:00 - 11:59	59,8aA $\pm$ 5,8	60,9aA $\pm$ 5,2
		12:00 - 17:59	61,8aA $\pm$ 4,8	60,7aA $\pm$ 4,0
		18:00 - 23:59	58,3aB $\pm$ 5,7	58,5aB $\pm$ 4,8
	5	00:00 - 05:59	53,9aD $\pm$ 5,3	55,3aD $\pm$ 5,0
		06:00 - 11:59	58,7aB $\pm$ 4,9	60,9aB $\pm$ 4,6
		12:00 - 17:59	61,7aA $\pm$ 5,2	61,7aA $\pm$ 4,9
		18:00 - 23:59	57,2aC $\pm$ 5,6	57,3aC $\pm$ 4,6
	6	00:00 - 05:59	56,0aD $\pm$ 4,8	54,3aD $\pm$ 4,1
		06:00 - 11:59	59,6aB $\pm$ 4,2	59,5aB $\pm$ 3,4
		12:00 - 17:59	62,9aA $\pm$ 4,5	60,7aA $\pm$ 4,1
		18:00 - 23:59	58,5aC $\pm$ 4,7	56,5aC $\pm$ 3,6

\*As médias seguidas por mesma letra minúscula nas linhas, e mesma letra maiúscula nas colunas, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Fonte: Do autor (2022).

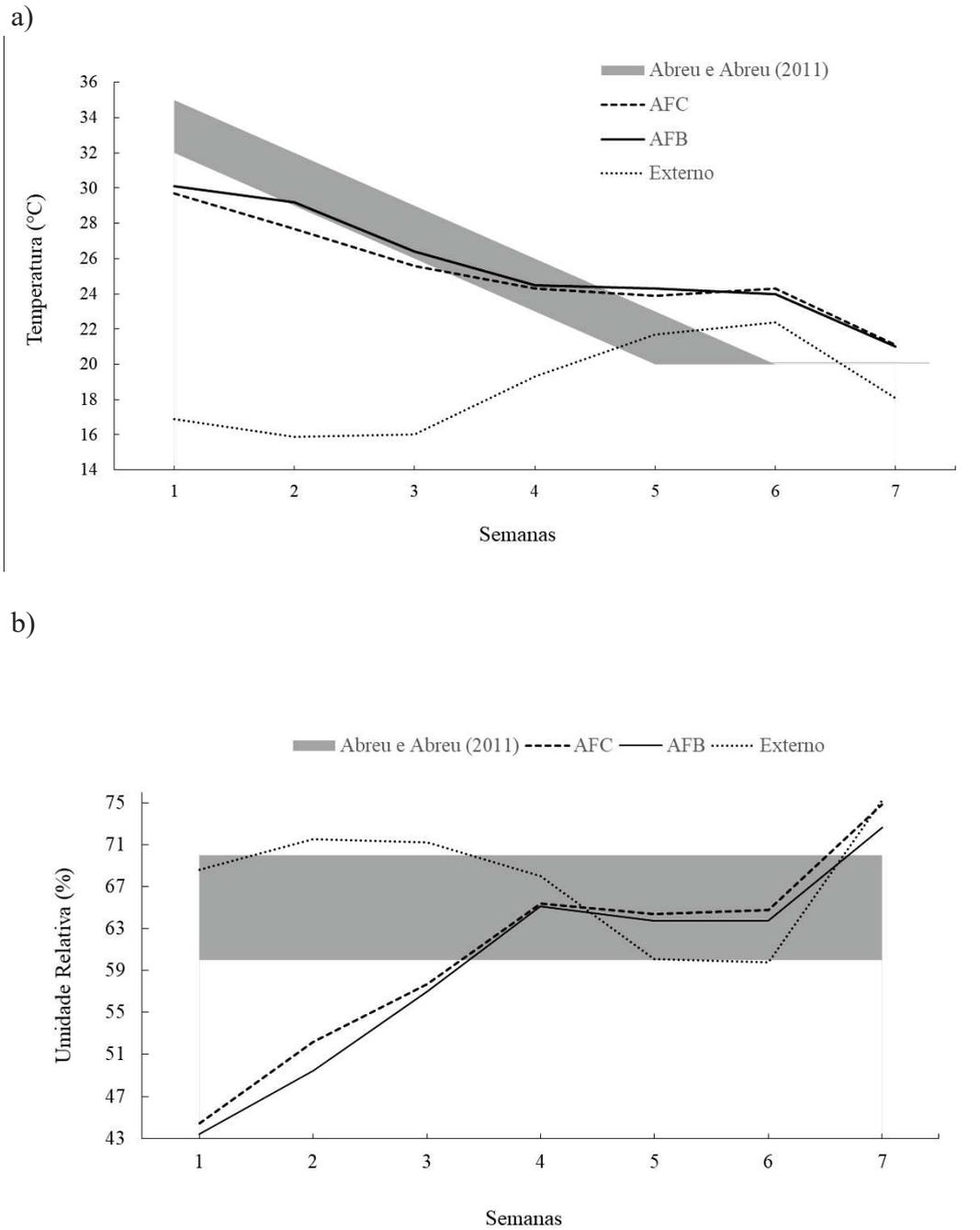
Considerando os períodos em que a entalpia foi avaliada, os dois aviários apresentaram faixas de valores que indicam cuidado, para todas as semanas de resfriamento. Aviários que registram valores de entalpia na situação de cuidado, necessitam de maior controle das variáveis ambientais (QUEIROZ et al., 2017).

### 4.3 Desempenho produtivo

O melhor desempenho produtivo pode ser alcançado quando as aves são mantidas com boas condições de manejo, ambiência e de adequados níveis nutricionais. O microclima da instalação afeta de forma diferente frangos de diferentes genéticas, alterando sua forma de comportamento e a taxa de consumo de ração (JONGBO; ATTA, 2019), sendo a temperatura e a umidade relativa do ar, alguns dos fatores que afetam as respostas fisiológicas e produtivas das aves.

A Figura 18 representa o variação da temperatura do ar (a) e da umidade relativa do ar (b) durante todo o ciclo produtivo.

Figura 18 - Variáveis ambientais internas aos aviários e externas: a) temperatura do ar (°C) e b) umidade relativa do ar (%), durante todo o período de produção.



Faixas cinzas: valores recomendados por Abreu & Abreu (2011).  
Fonte: Do autor (2022).

O comportamento das variáveis térmicas foi semelhante no decorrer do período analisado (FIGURA 18).

A temperatura do ar no interior dos aviários, foi elevada principalmente nas primeiras

semanas de criação. O aviário AFB manteve a temperatura notadamente mais elevada que o aviário AFC. A diferença entre a temperatura externa e as temperaturas nos interiores dos galpões permite inferir que ambos os aviários proporcionam uma boa vedação em relação ao ambiente externo (FIGURA 18 a).

Os baixos níveis de umidade relativa do ar registrados nas três primeiras semanas, estão relacionadas ao calor proporcionado pelo sistema de aquecimento, sendo possível observar que, à medida que se reduzia seu funcionamento, aumentava a umidade relativa dentro das instalações (FIGURA 18 b).

A variação da UR foi semelhante em ambos aviários, tendo sido observados valores ligeiramente maiores no AFC (FIGURA 18b).

O controle dessas variáveis irá refletir na produtividade do ciclo, portanto, as principais variáveis de desempenho levantadas para os sistemas avaliados, estão descritas na Tabela 18.

Tabela 18 - Variáveis produtivas para o aviário climatizado com fechamento de Cortina (AFC) e de Bloco (AFB).

Variáveis produtivas	AFC	AFB
Ganho de peso (g)	3.358,4	3.299,6
Consumo de ração (kg ave <sup>-1</sup> )	4,91	4,72
Conversão Alimentar	1,46	1,43
Eficiência Alimentar	0,68	0,70
kg m <sup>-2</sup> produzido	57,53	55,17
Mortalidade (%)	4,41	6,71
Ração total (toneladas)	234,61	220,39

Fonte: Do autor (2022).

Rubio et al. (2020) advertem que, no processo de formulação da ração, o tamanho correto da partícula do milho adotado em cada fase de desenvolvimento do frango, tem relação com o ganho de peso, o consumo de ração e a conversão alimentar ao final do ciclo produtivo.

No presente estudo, a mesma ração foi fornecida para ambos os galpões, resultando em pouca diferença para o ganho de peso por ave, em relação ao tipo de aviário, de forma que, o aviário AFC apresentou valor 1,8% (3.358,4g) acima do valor apresentado pelo AFB (3.299,6g).

O ganho de peso (2.909,5g) obtido no estudo de Almeida et al. (2017), mantendo as condições de conforto controladas, foi consideravelmente menor que os resultados obtidos por

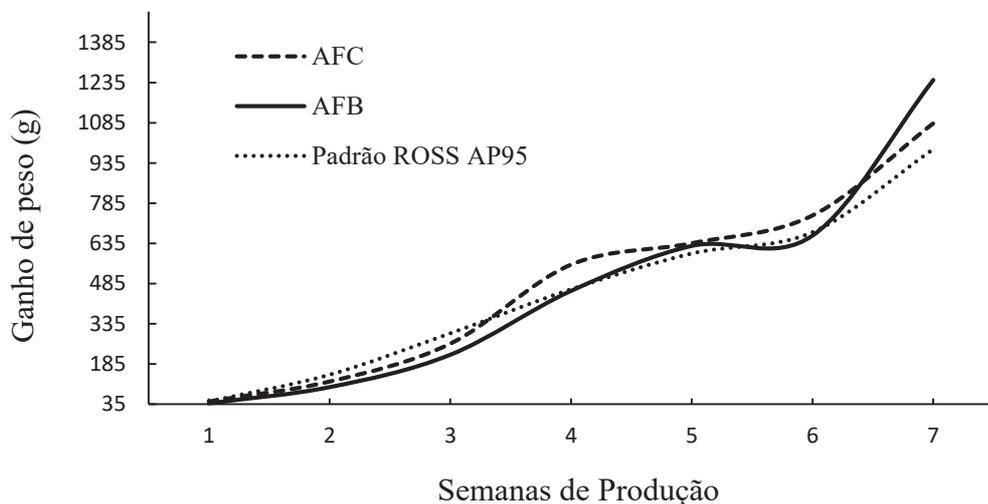
este estudo, nos aviários AFC e AFB (TABELA 19). Contudo, está próximo ao obtido por Zaid et al. (2020), onde o ganho de peso foi na ordem de 3.061,96 g para aves confinadas, e de 3.024,18 g para aves livres a partir de 35 dias de vida.

A despeito da mortalidade apresentada pelo AFB (6,71%) ser maior do que a ocorrida no AFC (4,41%), o kg de carne produzida entre eles apresentou diferença de apenas 4,1%, sendo que o AFB foi responsável pela melhor conversão alimentar nesse ciclo.

A mortalidade é influenciada pelas condições de conforto do animal advindas do manejo do ambiente. Alguns estudos registram diferentes percentagens de perda por morte, mesmo com as aves em ambiente adequado de conforto (ARCILA et al., 2018; LIMA et al., 2019; ZAID et al., 2020). À vista disso, a mortalidade pode ser resultado da interação do ambiente e a qualidade das matrizes, gerando um indicador de perdas econômicas que, se analisado periodicamente, favorece o desenvolvimento de medidas para minimizar os danos na produção.

O desempenho semanal das aves para cada aviário, em relação ao padrão da linhagem adotado pela empresa nesse estudo, está demonstrado na Figura 19.

Figura 19 - Ganho de peso (g) por semana: Cortina (AFC) versus Bloco (AFB) durante ciclo produtivo e padrão Ross AP95 segundo Aviagen (2018).



Fonte: Do autor (2022).

No aviário climatizado AFC, a partir da quarta semana de produção, as aves apresentaram médias de ganhos de pesos superiores ao padrão da linhagem Ross AP95. Comportamento semelhante foi observado para o AFB, com um pequeno decréscimo para a sexta semana.

No vigésimo oitavo dia de produção, os pesos médios das fêmeas foram de 1.553g e 1.390g, respectivamente, para AFC e AFB. Em relação ao mesmo período de produção (28 dias e inverno), Menegali et al. (2010) obtiveram como resultado, pesos de 1.206g e 1.239g, para sistemas de ventilação em pressão negativa e ventilação em pressão positiva, respectivamente.

## 5 CONCLUSÃO

Os materiais utilizados para vedar lateralmente os aviários, proporcionam diferentes condições para o ambiente interno. Esse fato pode ser esperado uma vez que a espessura da camada formada pelos materiais, bem como propriedades de transferência de calor são diferentes.

As diferenças que ocorreram, principalmente nas primeiras semanas desse ciclo produtivo, estão relacionadas à forma de uso do aquecimento e não comprometeram os resultados de produção. Já na fase de resfriamento, os aviários não apresentaram diferença significativa para proporcionar um ambiente de desenvolvimento diferente entre os aviários.

O resultado do bom manejo é legitimado pelas variáveis produtivas, em que o aviário com vedação por cortina resultou numa eficiência alimentar de 68%, enquanto o aviário com vedação por blocos de concreto resultou numa eficiência alimentar de 70%.

A mortalidade pode ser utilizada como um indicador, e sua análise periódica permite ao produtor adotar técnicas de mitigação, inclusive para perdas econômicas. Tendo-se em conta o nível de mortalidade observada no presente trabalho, os resultados podem estar relacionados ao manejo do ambiente para os animais, como também, as respostas fisiológicas desses animais.

Quando se trata de novas instalações, principalmente as climatizadas, que demandam altos investimentos, percebe-se a preferência dos produtores pelos aviários com vedação lateral feita por cortinas. Nesse caso, a produção de frangos de corte, que consome muita energia elétrica, não tem seu investimento de ciclo comprometido pela ausência desta, já que ocorre o desarme das cortinas, minimizando as perdas pela expansão dos gases característicos dessa produção.

## REFERÊNCIAS

ABIEC. BEEF REPORT: **Perfil da Pecuária no Brasil**, 2021.

ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório Anual 2021**. São Paulo, 2021. Disponível em: <https://abpa-br.org/relatorios/>.

ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório Anual 2016**. São Paulo, 2016. Disponível em: <https://abpa-br.org/relatorios/>.

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

ALBINO, L. F. T. et al. **Galinhas Poedeiras: Criação e Alimentação**. Viçosa, Ed. Aprenda Fácil, 2014.

ALMEIDA, E. A. et al. Poultry rearing on perforated plastic floors and the effect on air quality, growth performance, and carcass injuries - Experiment 2: Heat stress situation. **Poultry Science**, v. 97, n. 6, p. 1954–1960, 2017. DOI: 10.3382/ps/pey048.

AMARAL, A. G. et al. Efeito do ambiente de produção sobre frangos de corte sexados criados em galpão comercial. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, n. 3, p. 649-658, 2011. DOI: 10.1590/S0102-09352011000300017.

ARCARO, L.; BRISTOT, V. M.; YAMAGUCHI, C. K. Estudo da sustentabilidade para implementação de um sistema fotovoltaico para geração de energia elétrica em aviário tipo Dark House. **Custo e Agronegócio**. v.14, n. 4, p. 53-79, 2018.

ARCILA, J. C. P et. al. Zootechnical and physiological performance of broilers in the final stage of growth subjected to different levels of heat stress. **Revista Faculdade Nacional de Agronomia**, v. 71, n. 2, p. 8469-8476, 2018. DOI: 10.15446/rfna.v71n2.71927.

AVIAGEN. **Manual de Manejo Frangos 2018**. Manual de Manejo, 2018. Disponível em: [https://pt.aviagen.com/assets/Tech\\_Center/BB\\_Foreign\\_Language\\_Docs/Portuguese/Ross-BroilerHandbook2018-PT.pdf](https://pt.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Portuguese/Ross-BroilerHandbook2018-PT.pdf)

BARACHO, M. S. et al. Factors that affect broiler production. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 11, n. 4, p. 412–419, 2017. DOI: 10.18011/bioeng2017v11n4p412-419.

BARACHO, M. S. et al. Factors that influence the production, environment, and welfare of broiler chicken: A systematic review. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 20, n. 3, p. 617-624, 2018. DOI: 10.1590/1806-9061-2018-0688.

BARBOSA FILHO, J.A.D. et al. Mudanças e uso das Tabelas de Entalpia. Piracicaba, 2007. Disponível em <<http://www.nupea.esalq.usp.br>> Acesso em 08 de set. 2021.

BELOVA, A. V.; SMUTKA, L.; ROSOCHATECKÁ, E. World chicken meat market - Its development and current status. **Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis**, v. 60, n. 4, p. 15-30, 2012. DOI: 10.11118/actaun201260040015.

BELUSSO, D.; HESPANHOL, A. N. A Evolução Da Avicultura Industrial Brasileira E Seus Efeitos Territoriais. **Revista Percurso**, v. 2, n. 1, p. 25-51, 2010. DOI: 10.4025/revpercurso.v2i1.9855.

BHADAURIA, P. et al. Impact of Hot Climate on Poultry Production System-A Review Thermoregulatory Mechanism of Poultry. **Journal of Poultry Science and Technology**, v. 2, n. 4, p. 56-63, 2014.

BORILLE, R. et al. He use of light-emitting diodes (LED) in commercial layer production. **Revista Brasileira de Ciencia Avicola**, v. 15, n. 2, p. 135-140, 2013. DOI: 10.1590/S1516-635X2013000200009.

CARVALHO FILHO, D. U. et. al. Dietas com fitase para frangos de corte alojados em ambientes com diferentes sistemas de climatização. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v. 22, n. 3-4, p. 180-187, 2015. DOI: 10.4322/rbcv.2016.011.

CARVALHO, C. C. S. et. al. Animal and human thermal comfort in poultry houses in Brazilian semiarid. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 7, p. 769-773, 2014.

CARVALHO, R. H. et. al. The effects of the dark house system on growth, performance and meat quality of broiler chicken. **Animal Science Journal**, v. 86, n. 2, p. 189-193, 2015. DOI: 10.1111/asj.12262.

CARVALHO, T. M. R. et. al. Qualidade da cama e do ar em diferentes condições de alojamento de frangos de corte. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 46, n. 4, p. 351-361, 2011. DOI: 10.1590/S0100-204X2011000400003.

CASSUCE, D. C. et. al. Atualização da temperaturas de conforto térmico para frangos de corte de até 21 dias de idade. **Engenharia Agrícola**, v. 33, n. 1, p. 28-36, 2013.

COBB-VANTRESS. **Broiler Management Guide**, 2018.

COELHO, D. J. R. et. al. Thermal environment of masonry-walled poultry house in the initial life stage of broilers. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 3, p. 203-208, 2019.

CORKERY, G.; WARD, S.; KENNY, C.; HEMMINGWAY, P. Monitoring environmental parameters in poultry production facilities. **Computer Aided Process Engineering**, CAPE Forum 2013, Graz University of Technology, Austria, p.7-10. 2013.

CRAVO, J. C. M. et. al. Caracterização tipológica de aviários em uma integradora do Estado de São Paulo. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 55, n. 2, p. 80-84, 2012. DOI: 10.4322/rca.2012.052.

CURI, T. M. R. C. et. al. Geoestatística para a avaliação do controle ambiental do sistema de ventilação em instalações comerciais para frangos de corte. **Engenharia Agrícola**, v. 34, n. 6, p. 1062-1074, 2014. DOI: 10.1590/S0100-69162014000600004.

CURTIS, S.E. **Environmental management in animal agriculture**. 2 Ed. Ames: Iowa State University Press, 1983. 407p.

DALÓLIO, F. S.; MOREIRA, J.; COELHO, D. J. R.; SOUZA, C. F. Caracterização bioclimática de um galpão experimental de criação de frangos de corte na região de diamantina-mg. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 24, n. 1, p. 22-31, 2016. DOI: 10.13083/reveng.v24i1.648.

DIRECTIVA 2007/43/CE DO CONSELHO de 28 de Junho de 2007. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:182:0019:0028:PT:PDF>. Acesso em: 24 de dez. de 2019.

EBLING, P. D.; BASURCO, V. Análise das perdas econômicas oriundas da condenação de carcaças nos principais estados brasileiros produtores de frangos de corte. **Revista Ciências Agroveterinárias e Alimentos**. 2016.

FAUSTINO, A. C. et.al. Spatial variability of enthalpy and illuminance in free-range broiler sheds. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 25, n. 5, p. 340-344, 2021.

FERRAZ, P. F. P. et. al. Spatial variability of litter temperature, relative air humidity and skin temperature of chicks in a commercial broiler house. **Agronomy Research**, v. 17, n. 2, p. 408-417, 2019. DOI: 10.15159/AR.19.112

FERRAZ, P. F. P. et. al. Spatial and temporal distribution of enthalpy in aviary heated by industrial furnace. **Revista Ceres**, v. 65, n. 4, p. 346-355, 2018. DOI: 10.1590/0034-737X201865040007.

FERREIRA, Jacqueline Cardoso. Galpões dark house para criação de frangos de corte: uso de diferentes tipologias e materiais de fechamento lateral. **Dissertação Mestrado**. Orientador: Alessandro Torres Campos, Universidade Federal de Lavras, 2017.

FERREIRA, Rony Antonio. **Maior produção com melhor Ambiente – para aves, suínos e bovinos**. 3. ed. Viçosa: Ed. Aprenda Fácil, 2016.

FREITAS, L. C. S. R. et. al. Spatial behavior of the thermo-luminous conditions of facility laying hens in naturally ventilated vertical system. **Ciencia e Agrotecnologia**, v. 42, n. 5, p. 550-560, 2018. DOI: 10.1590/1413-70542018425019618.

GARCIA, R. G. et. al. The typology of broiler house and the impact in the locomotion of broilers. **Engenharia Agrícola**, v. 38, n. 3, p. 326-333, 2018. DOI: 10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v38n3p326-333/2018.

HENN, J. D. et. al. Emissão de dióxido de carbono pela cama de primeiro lote de frangos de corte. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 4, p. 45-52, 2014.

JONGBO, A. O.; ATTA, A. T. State-of-the-Art Technologies for Assessing Thermal Comfort of Broiler Chickens. **International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology**, v. 04, n. 08, p. 72-83, 2019. DOI: 10.33564/ijeast.2019.v04i08.011.

LIMA, D. S. et. al. Environmental impact of Brazilian broiler production process: Evaluation using life cycle assessment. **Journal of Cleaner Production**, v. 237, 2019. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.117752.

LORENCENA, M. C. et. al. A framework for modelling, control and supervision of poultry farming. **International Journal of Production Research**, v. 58, n. 10, p. 3164-3179, 2019. DOI: 10.1080/00207543.2019.1630768.

LUZ, C. S. M. et. al. Adaptative thermal traits in farm animals. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 4, n. 1, p. 6-11, 2016. DOI: 10.14269/2318-1265/jabb.v4n1p6-11.

MENEGALI, I. et. al. Comportamento de variáveis climáticas em sistemas de ventilação mínima para produção de pintos de corte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 1, p. 106–113, 2013. DOI: 10.1590/s1415-43662013000100015.

MENEGALI, I. et. al. Desempenho produtivo de frangos de corte em diferentes sistemas de instalações semiclimatizadas no sul do brasil. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 18, n. 6, p. 461-471, 2010. DOI: 10.13083/reveng.v18i6.197.

MENEGALI, I. et. al. Influence of different systems of minimum ventilation on air quality in broiler houses. **Engenharia Agrícola**, v. 32, n. 6, p. 1024–1033, 2012. DOI: 10.1590/S0100-69162012000600003.

NAZARENO, A. C. et. al. Characterization of microclimate in different layout of boxes during transport of fertile eggs. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 3, p. 327-332, 2013. DOI: 10.1590/S1415-43662013000300012.

OLANREWAJU, H. A. et. al. Effect of ambient temperature and light intensity on physiological reactions of heavy broiler chickens. **Poultry Science**, v. 89, n. 12, p. 2668-2677, 2010. DOI: 10.3382/ps.2010-00806.

OLIVEIRA, C. E. G. et. al. Características Arquitetônicas e Tecnológicas de Galpões para Criação de Frangos de Corte no Distrito Federal. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 22, n. 2, p. 162-171, 2014. DOI: 10.13083/1414-3984.v22n02a07.

OLIVEIRA, F. G.; GODOI, W. M.; PASSINI, R. Environment in poultry production covered with thermal and aluminum roofing tiles. **Engenharia Agrícola**, v. 35, n. 2, p. 206-214, 2015. DOI: 10.1590/1809-4430-Eng.Agríc.v35n2p206-214/2015.

PONCIANO, P. F. et. al. Broilers for the First 14 Days of Life. **Engenharia Agrícola**, v. 32, n. 1, p. 10–20, 2012.

PROCÓPIO, D. P.; LIMA, H. J. D. Avaliação conjuntural da avicultura no Brasil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 3, p. e47932312, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i3.2312.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria, 2019. Available at: <<https://www.R-project.org/>>.

RATH, P. et. al. Amelioration of Heat Stress for Poultry Welfare: A Strategic Approach. **International Journal of Livestock Research**, v. 5, n. 3, p. 1, 2015. DOI: 10.5455/ijlr.20150330093915.

RAZA, H. M. U. et. al. Investigating applicability of evaporative cooling systems for thermal comfort of poultry birds in Pakistan. **Applied Sciences**. v. 10, n. 13, 2020. DOI: 10.3390/app10134445.

RECH, L. R. et. al. Consumo de energia por atividades agropecuárias: o caso de uma cooperativa de eletrificação rural. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 4, p. 347, 2015. DOI: 10.19177/rgsa.v4e02015347-363.

RODRIGUES, V. C. et. al. A correct enthalpy relationship as thermal comfort index for livestock. **International Journal of Biometeorology**, v. 55, n. 3, p. 455-459, 2010. DOI: 10.1007/s00484-010-0344-y.

RUBIO, A. A. et. al. Effects of corn particle size on broiler performance during the starter, grower, and finisher periods. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 29, n. 2, p. 352–361, 2020. DOI: 10.1016/j.japr.2019.11.009.

SÁ JÚNIOR, A. et. al. Application of the Köppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. **Theor Appl Climatol**, n.108, p.1-7, 2012. DOI 10.1007/s00704-011-0507-8

SAEED, M. et. al. Heat stress management in poultry farms: A comprehensive overview. **Journal of Thermal Biology**, v. 84, n. February, p. 414–425, 2019. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2019.07.025.

SARAZ, J. A. O. et. al. Modeling and experimental validation to estimate the energy balance for a poultry house with misting cooling. **DYNA** v. 78, n. 170, p. 167-174, 2011.

SILVA, A. A. L. Análise da percepção ambiental e do potencial do painel fotovoltaico na perspectiva de avicultores de Toledo-PR. **Revista Produção e Desenvolvimento**, v. 3, n. 1, p. 80-98, 2017. DOI: 10.32358/rpd.2017.v3.209.

SILVA, E. G. et. al. Spatial variability of the environmental characteristics and weight of broilers in shed negative ventilation. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.**, v.14, n.1, p.132-141, 2013.

SILVA, E. T.; LEITE, D. G.; YURI, F. M. Determinação do índice de temperatura e umidade (ITU) para produção de aves na mesorregião metropolitana de Curitiba – PR. **Ciência Animal**, v. 2, n. 3, p. 47, 2004. DOI: 10.7213/cienciaanimal.v2i3.15099.

SILVA, N. C. et. al. Enthalpy thematic map interpolated with spline method for management of broiler chicken production. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, n. 7, p. 431-436, 2020. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v24n7p431-436.

SILVA, T. Tipologia de instalações avícolas na região agreste de Pernambuco. **Engenharia Agrícola**, v. 35, n. 4, p. 789-799, 2015. DOI: 10.1590/1809-4430-Eng.Agríc.v35n4p789-799/2015.

SOUZA, B. B.; BATISTA, N. L. Os efeitos do estresse térmico sobre a fisiologia animal. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 8, n. 3, p. 6-10, 2012.

STAUB, L. et. al. Ambiência interna e externa em galpão de frangos de corte nas diferentes épocas do ano e fases de criação. **Nativa**, v. 4, n. 3, p. 128-133, 2016. DOI: 10.14583/2318-7670.v04n03a02.

TAVARES, G. F. et. al. Zoneamento bioclimático para bovinos de corte no Brasil com o auxílio de sistemas inteligentes. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 4, n. 4, p. 116-123, 2016. DOI: 10.14269/2318-1265/jabb.v4n4p116-123.

THOM, E. C. The discomfort index. **Weatherwise**, v.12, n.2, Boston, p. 57-60, 1959.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS. Biblioteca Universitária. **Manual de normalização e estrutura de trabalhos acadêmicos: TCCs, monografias, dissertações e teses**. 3. ed. rev., atual. e ampl. Lavras, 2020. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/11017>. Acesso em: 27 dez.2021.

ZAID, M. et. al. Carcass traits, meat quality, and sensory attributes of fast-growing broilers given outdoor access at different ages. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**, v. 44, n. 5, p. 1039-1046, 2020. DOI: 10.3906/vet-2003-92.