

Aviários e sua construção

José Pinheiro Lopes Neto

Dermeval Araújo Furtado

José Wallace Barbosa do Nascimento



AVIÁRIOS E SUA CONSTRUÇÃO



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

A282 Aviários e sua construção/Org.: Lopes Neto et al.
— Campina Grande: EPTEC, 2023.
127f.: il. color.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia

ISBN: 978-65-00-84801-4

1. Avicultura. 2. Diagnóstico ambiental. 3. Ventilação. 4. Desempenho térmico. 5. Ambiência. I. Lopes Neto, José Pinheiro. II. Furtado, Dermeval Araújo. III. Nascimento, José Wallace Barbosa do. IV. Título.

CDU 630

Os capítulos ou materiais publicados são de inteira responsabilidade de seus autores.
As opiniões neles emitidas não exprimem, necessariamente, o ponto de vista do Editor responsável.
Sua reprodução parcial está autorizada desde que cite a fonte.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob a Licença de Atribuição Creative Commons.
Atribuição-Não-Comercial-Não Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

2023 by Eptec
Copyright © Eptec
Copyright do texto © 2023 Os autores
Copyright da edição © 2023 Eptec
Direitos para esta edição cedidos à Eptec pelos autores.
Open access publication by Eptec

Créditos das Imagens da capa e dos capítulos

Pixabay/Freepick

Editoração, Revisão e Arte da Capa

Paulo Roberto Megna Francisco

Conselho Editorial

Claudiomir Silva Santos (IFSULMINAS)
Djail Santos (CCA-UFPB)
Dermeval Araújo Furtado (CTRN-UFCG)
Flávio Pereira de Oliveira (CCA-UFPB)
George do Nascimento Ribeiro (CDSA-UFCG)
Gypson Dutra Junqueira Ayres (CTRN-UFCG)
João Miguel de Moraes Neto (CTRN-UFCG)
José Wallace Barbosa do Nascimento (CTRN-UFCG)
Lúcia Helena Garófalo Chaves (CTRN-UFCG)
Luciano Marcelo Fallé Saboya (CTRN-UFCG)
Newton Carlos Santos (UFRN)
Paulo da Costa Medeiros (CDSA-UFCG)
Paulo Roberto Megna Francisco (CTRN-UFCG)
Raimundo Calixto Martins Rodrigues (DEAG-UEMA)
Soahd Arruda Rached Farias (CTRN-UFCG)
Virgínia Mirtes de Alcântara Silva (CTRN-UFCG)
Viviane Farias Silva (CSTR-UFCG)

José Pinheiro Lopes Neto
Dermeval Araújo Furtado
José Wallace Barbosa do Nascimento

AVIÁRIOS E SUA CONSTRUÇÃO



1.a Edição
Campina Grande-PB
2023

REALIZAÇÃO



APOIO



SUMÁRIO

Sumário	5
Capítulo I.....	6
<i>Uniformidade de distribuição de variáveis ambientais em aviário ventilado à pressão negativa ...</i>	6
Capítulo II	23
<i>Modelagem computacional de aviário de pressão negativa para criação em alta densidade</i>	23
Capítulo III.....	47
<i>Desempenho térmico de aviário via modelagem computacional.....</i>	47
Capítulo IV	74
<i>Conforto térmico e desempenho de pintainhas criadas em gaiolas sobrepostas</i>	74
Capítulo V.....	93
<i>Respostas fisiológicas de codornas europeias alimentadas com macroalgas marinhas</i>	93
Capítulo VI	106
<i>Produção de ovos de codornas submetidas a ambientes iluminados com lâmpadas de LED de diferentes comprimentos de onda</i>	106
Capítulo VII.....	116
<i>Diagnóstico bioclimático para produção de frangos de corte no município de Patos-PB.....</i>	116
<i>Curriculum dos Organizadores e Autores</i>	124



Capítulo I

UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS EM AVIÁRIO VENTILADO À PRESSÃO NEGATIVA

*Gisele Caldas de Araújo Cunha
José Pinheiro Lopes Neto
José Wallace Barbosa do Nascimento
Dermeval Araújo Furtado
Valéria Peixoto Borges*

Introdução

A avicultura é uma das cadeias produtivas do setor pecuário com maior índice de industrialização e grande responsável pela inserção do Brasil no cenário econômico mundial. Em função disto, é constantemente solicitada a investir em melhoramento do potencial genético, do aproveitamento nutricional, das técnicas de manejo e da qualidade ambiental, a fim de manter-se competitivo no mercado e adequar-se a programas internacionais de prevenção e preservação da saúde e do bem-estar de animais e trabalhadores.

Atualmente, o Brasil é o principal exportador, seguido por EUA e China, e o segundo país no ranking dos maiores produtores de carne de frango, posicionando-se entre EUA e China. Em 2015, a produção brasileira de carne de frango alcançou 13,146 milhões de toneladas, sendo 67,3% deste montante destinado ao consumo interno (consumo *per capita* de 43,25 kg/hab) e 32,7% destinado às exportações (ABPA, 2016). Esses resultados são consequência da implantação de vários programas de qualidade, com destaque para a genética, nutrição, manejo, programas de bem-estar animal e de preservação ambiental.

No Brasil, foram abatidas 1,47 bilhão de cabeças de frangos durante o terceiro trimestre de 2016. Deste montante, a região Sul respondeu por 60,9%, a Sudeste por 19,4%, a Centro-Oeste por 14,4%, a Nordeste por 3,7% e a Norte por 1,6%.

Sabe-se que as aves são animais homeotérmicos privados de glândulas sudoríparas e que, por não transpirem, liberam o excesso de calor por meio da respiração e pela vasodilatação das superfícies desprovidas de penas. A elevação da temperatura ambiente ocasiona gradativamente o aumento da temperatura corporal das aves; esta varia dentro de um intervalo mínimo até a temperatura do ar atingir 33 °C; o uso destes mecanismos de troca de calor, com consequente desperdício de energia metabolizável, afeta negativamente o desempenho produtivo das aves (WELKER et al., 2008).

Estes animais expressam suas melhores capacidades produtivas quando expostos à combinação de variáveis ambientais de temperatura, de umidade e de velocidade do vento dentro de uma faixa muito estreita: a zona de termoneutralidade. Dentro desse limite não há desperdício de energia pelo animal para compensação do frio nem, tampouco, para resistência ao calor ambiental (ABREU & ABREU, 2011).

Dentre todas as variáveis, a temperatura do ar é o principal fator ambiental causador de perdas. O estresse térmico nas aves pode acarretar diminuição da ingestão de alimento e das atividades físicas, além de perdas na produção (VITORASSO & PEREIRA, 2009).

A introdução de novas tecnologias de criação e suas adaptações na indústria avícola brasileira tem como consequência o surgimento de diversos sistemas produtivos, cada um com suas especificidades. Dessa forma, estudar a ambiência no interior dessas instalações abrange principalmente o conhecimento da fisiologia da ave, o diagnóstico bioclimático da microrregião de produção e a tipificação dos sistemas (ABREU & ABREU, 2011).

Nos sistemas dotados de condicionamento artificial, quando as temperaturas estão acima da zona de termoneutralidade, o aumento da velocidade do ar é o meio mais eficaz para melhorar o desempenho e bem-estar de frangos de corte, vez que há aumento das perdas convectivas de calor e diminuição da respiração ofegante. Se as perdas de calor por convecção estão relacionadas com a área superficial a ser resfriada, pode-se afirmar que a velocidade do ar se torna mais benéfica quanto maior for o tamanho corporal das aves, ou seja, quanto mais avançada for sua idade (SIMMONS et al., 1997).

Em galpões climatizados por pressão negativa, se perfeitamente isolados e vedados, o ar adentra a instalação exclusivamente pelos painéis evaporativos e percorre todo o seu comprimento a uma velocidade fixa até sair, pelo lado oposto à entrada, sugado por exaustores. Se houver infiltração de ar, sua velocidade depois da seção dos evaporadores será menor que a velocidade de projeto, acarretando tanto perdas na produtividade, uma vez que a maior parte do calor dissipado pelos frangos ocorre por convecção, quanto de eficiência energética (BIANCHI, 2014).

A função da ventilação de pressão negativa do tipo exaustão é a renovação do ar do ambiente interno utilizando o sistema túnel. Toda vez que a ventilação natural não for suficiente para a manutenção das condições ambientais ideais de temperatura e umidade no interior dos galpões deve-se utilizar a ventilação artificial que é produzida por equipamentos de exaustão. A taxa de ventilação pode ser controlada através do dimensionamento das entradas de ar e dos exaustores; atenção especial deve ser dada à pressão, relacionada diretamente com a vazão do ar, e à quantidade de ar a ser renovado por unidade de tempo. Um dos fatores que mais acarretam a formação de zonas de pressão com baixa movimentação de ar é o mau dimensionamento e posicionamento dos equipamentos de ventilação (CARVALHO-CURI, 2014).

Há quase meio século, em uma das primeiras pesquisas com uso de ventilação em túnel, Drury (1966) já observava aumento de ganho de peso corporal (BWG) relacionado com incremento nas taxas de ventilação para aves de 07 semanas de idade; quando testou uma velocidade do ar superior ($v_{ar} = 2,75$ m/s) àquela comumente utilizada nas operações de aviários ventilados em pressão negativa ($v_{ar} = 2$ m/s), registrou melhoria de BWG sem mudanças na taxa de conversão alimentar.

Posteriormente, May et al. (2000) testaram, em câmaras climáticas, os efeitos de dois valores de velocidade do ar ($v_{ar} < 0,25$ m/s e $v_{ar} = 2$ m/s) sobre frangos de corte entre a 3ª e 7ª semana de vida e encontraram que estes, quando expostos à velocidade do ar mais elevada, consumiram menos água e mais ração, ganharam mais peso e tiveram uma maior taxa de conversão alimentar.

Para avaliar os efeitos das condições térmicas sobre os animais, têm-se adotado vários índices ambientais baseados em estado fisiológico e/ou desempenho produtivo, entre eles o Índice de temperatura e umidade (ITU), o Índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU) e a Carga térmica de radiação (CTR) (FURTADO et al., 2003; TAO & XIN, 2003; CARVALHO-CURI, 2014).

Embora índices como ITU, ITGU e CTR revelem a importância relativa da temperatura, da umidade e da radiação sobre a sensação térmica de animais, não conseguem integrar diretamente o

efeito importante da velocidade do vento. Para suprir essa lacuna, Tao e Xin (2003) propuseram o Índice de temperatura, umidade e velocidade do ar (ITUV).

Considerando os diversos agentes influenciadores no microclima dentro de uma instalação avícola comercial, esta pesquisa teve como objetivo definir investigar a uniformidade da distribuição interna da temperatura do ar, umidade relativa e velocidade do vento em galpão de aves por pressão negativa, em período quente, no qual o sistema de exaustão precisa funcionar em plena capacidade.

Material e Métodos

Caracterização da unidade experimental

A coleta de dados em campo foi realizada em granja para criação de frangos de corte com área de 2.250,00 m², ventilação em túnel por pressão negativa, localizada na Fazenda Sapucaia, Guarabira/PB, com coordenadas geográficas 06°51'58" S, 35°27'58" O e 89,00 m de altitude. O galpão referido é propriedade da Empresa Guaraves Alimentos. O município de Guarabira está localizado na Mesorregião do Agreste Paraibano e, segundo Köeppen, possui clima do tipo Aw', caracterizado como tropical subúmido.

O galpão experimental, deste ponto em diante, por vezes referenciado como protótipo, está implantado no sentido Leste-Oeste. As Figuras 1 e 2 são as ilustrações esquemáticas de sua planta baixa e cortes (transversais, AA e BB; longitudinal, CC), respectivamente.

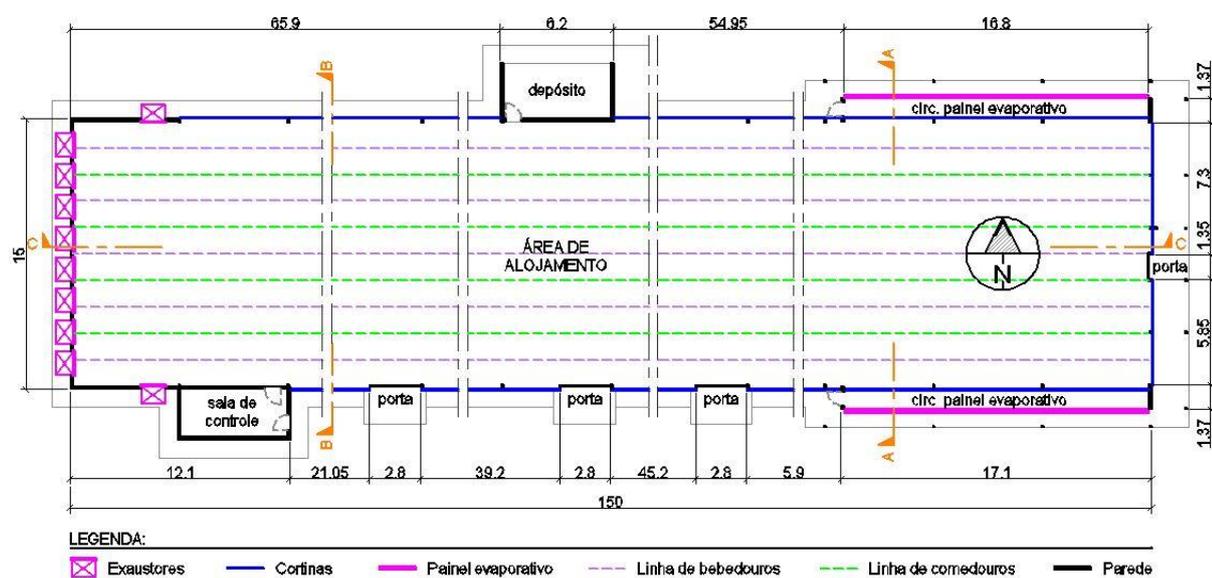


Figura 1. Representação esquemática do protótipo em planta baixa.

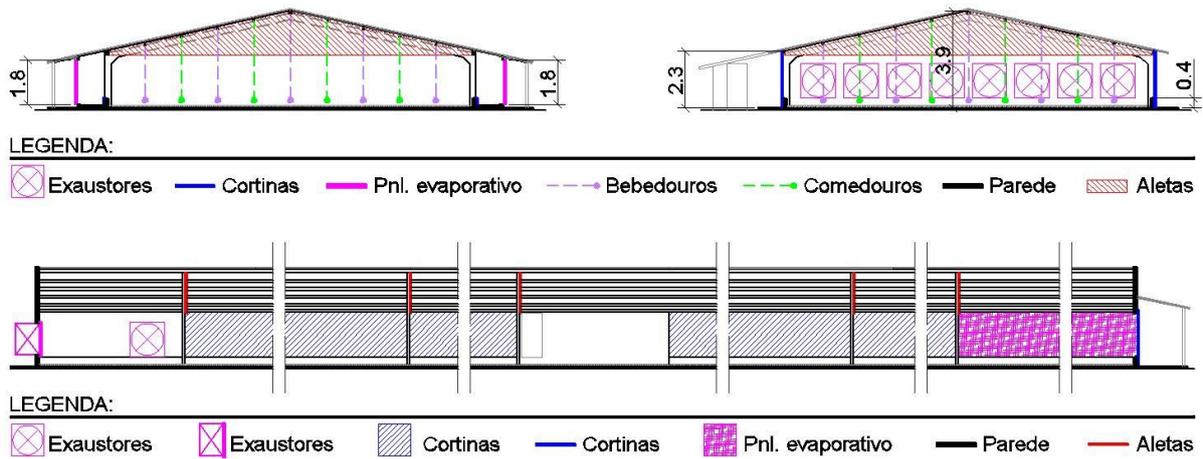


Figura 2. Representação esquemática do protótipo em cortes AA, BB e CC, respectivamente.

Detalhes dos elementos de cobertura (telhas, forro e aletas) são ilustrados na Figura 3.

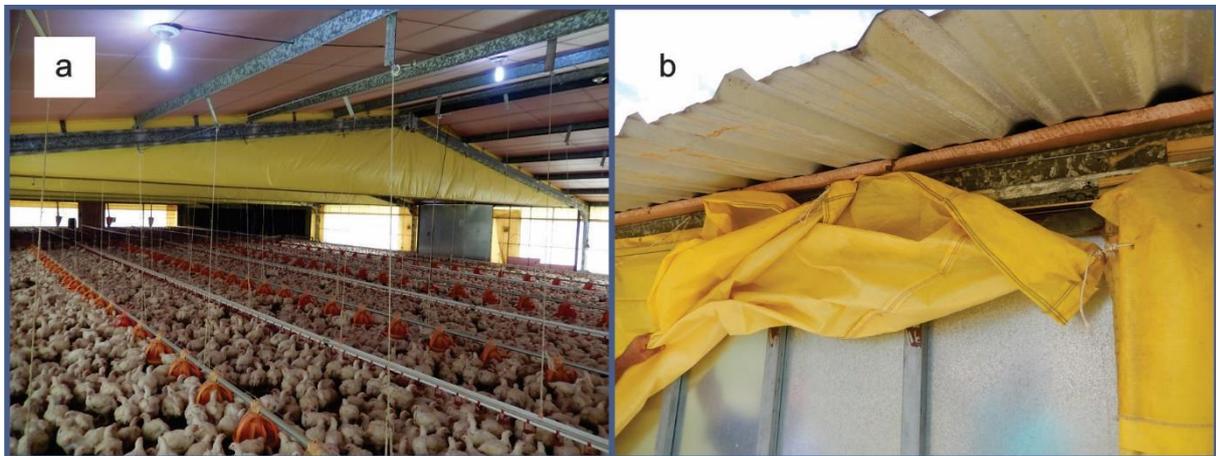


Figura 3. Detalhes da cobertura com aletas (a) e da cobertura em telha metálica com forro em placas de poliuretano (b).

O aviário está equipado com sistema de climatização em pressão negativa composto por painéis evaporativos, nebulizadores internos e exaustores. O sistema de ventilação foi dimensionado para atingir velocidades do vento de até 3,5 m/s.

A captação de ar se dá por dois painéis evaporativos construídos em placas de celulose de 1,80 x 0,60 x 0,10 m (altura x comprimento x espessura), com caneluras de 60° e 30°, dotados de sistema de recirculação de água, do tipo CELdek 7090-15-1800-600-100 com MI-T-Edge, Munters, com comprimento total de 16,80 m e altura de 1,80 m cada um, localizados nas faces laterais (orientações Norte e Sul) próximos ao oitão frontal, à Leste. Uma vista exterior e uma do interior da circulação do painel evaporativo são ilustradas na Figura 4.



Figura 4. Vista exterior do painel evaporativo (a) e vista interior da circulação entre o painel e a área de alojamento das aves (b).

A exaustão do ar é proporcionada por meio de dez exaustores confeccionados em aço galvanizado, do tipo Multifan 130 com cone e três pás, Multifan, que medem 1,382 x 1,382 m (altura x largura), possuem potência de 1,5 HP (~1120 W) e capacidade de vazão de 47.470 m³/h a 0 Pa. Oito deles estão localizados na parede a Oeste (Figura 5A), um na Norte e outro na Sul (Figura 7B); estes dois próximos ao oitão posterior. No programa de acionamento, o primeiro exaustor entra em funcionamento sempre que a temperatura do ar no interior do galpão ultrapassa a temperatura máxima ideal para a fase produtiva; em seguida, um exaustor a mais é acionado sempre que ocorre um incremento de 0,5°C na temperatura interna (Ex.: Para alojamento entre a 6^a e 7^a semana, o primeiro exaustor é ligado aos 22,5°C de temperatura do ar e, ao atingir 27°C, todos os dez exaustores estarão acionados).



Figura 5. Exaustores localizados no oitão Oeste (a) e na parede voltada ao Sul.

Sistema de monitoramento e armazenamento de dados

Os dados coletados em campo, com auxílio do sistema descrito a seguir, serviram não somente para diagnóstico da unidade experimental, mas também para validação do modelo de simulação CFD gerado a partir da semelhança geométrica com o galpão instrumentado.

O sistema foi desenvolvido para possibilitar a coleta e armazenamento dos dados de temperatura do ar, umidade relativa e velocidade do vento no interior do aviário, sendo composto por:

- 4 plataformas de prototipagem eletrônica, do tipo Mega 2560;
- 4 placas divisoras de tensão (confeccionadas pela autora), para possibilitar o armazenamento dos dados coletados nos cartões de memória;
- 04 módulos cartão, do tipo SD Card, dotados de 4 cartões de memória com capacidade de armazenamento de 8 MB;
- 24 sensores de vento baseados em fio-quente, modelo Wind Sensor Rev C, Modern Device, capaz de capturar velocidades a partir de 0 m/s com uma resolução de 0,01 m/s; e
- 16 sensores de umidade e temperatura, modelo DHT22/AM2302, capaz de medir umidade relativa do ar entre 0 e 100% e temperaturas do ar entre -40 e +50°C.

Os equipamentos componentes do sistema e o esquema de comunicação entre eles são apresentados nas Figuras 6 e 7.

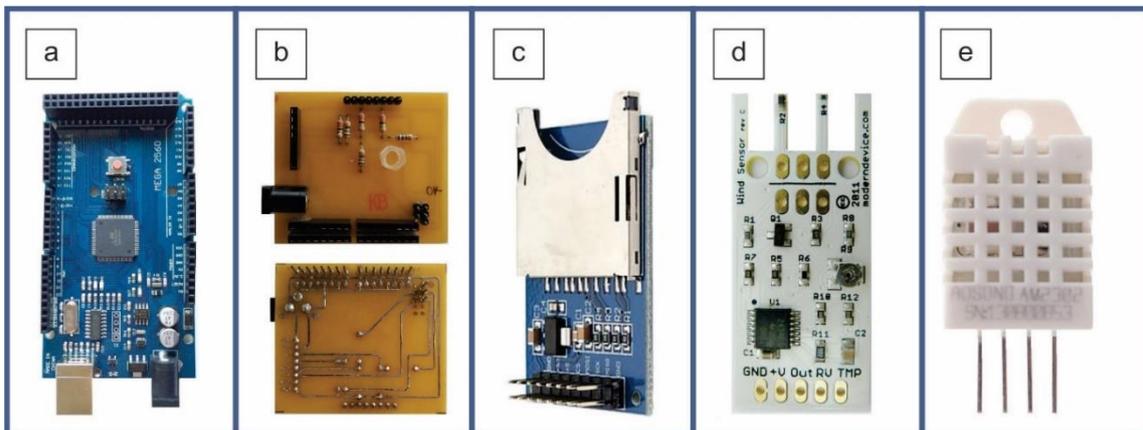


Figura 6. Equipamentos componentes do sistema: plataforma de prototipagem (a), divisor de tensão (b), módulo de cartão (c), sensor de vento REV C (d) e sensor de temperatura e umidade DHT22/AM2302 (e).

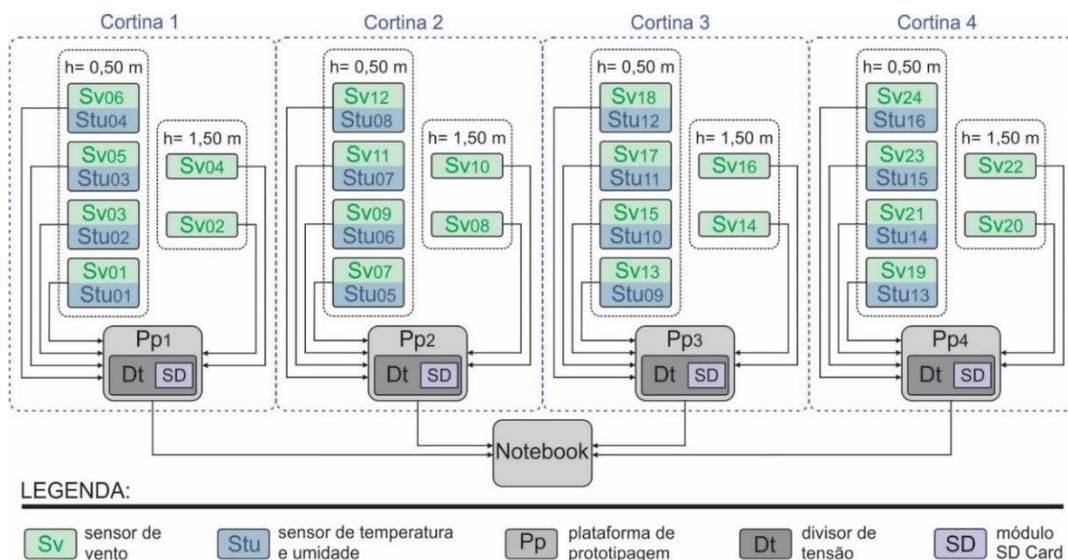


Figura 7. Esquema de comunicação entre os componentes do sistema de aquisição de dados.

A localização esquemática do instrumental para medição das variáveis ambientais encontra-se definida na Figura 8.

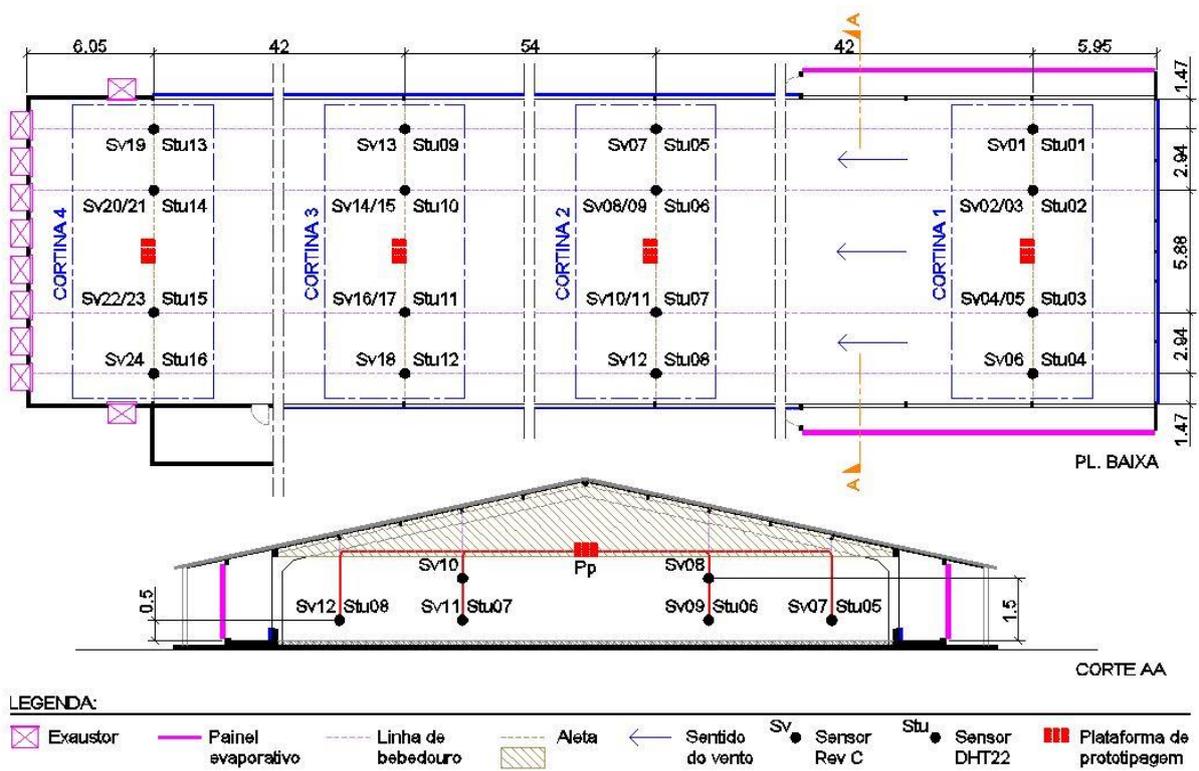


Figura 8. Localização esquemática dos componentes do sistema de aquisição de dados.

Com o intuito de facilitar a compreensão dos resultados apresentados a seguir, deste ponto em diante os sensores de vento e de temperatura e umidade, foram referenciados conforme disposto na Figura 9.

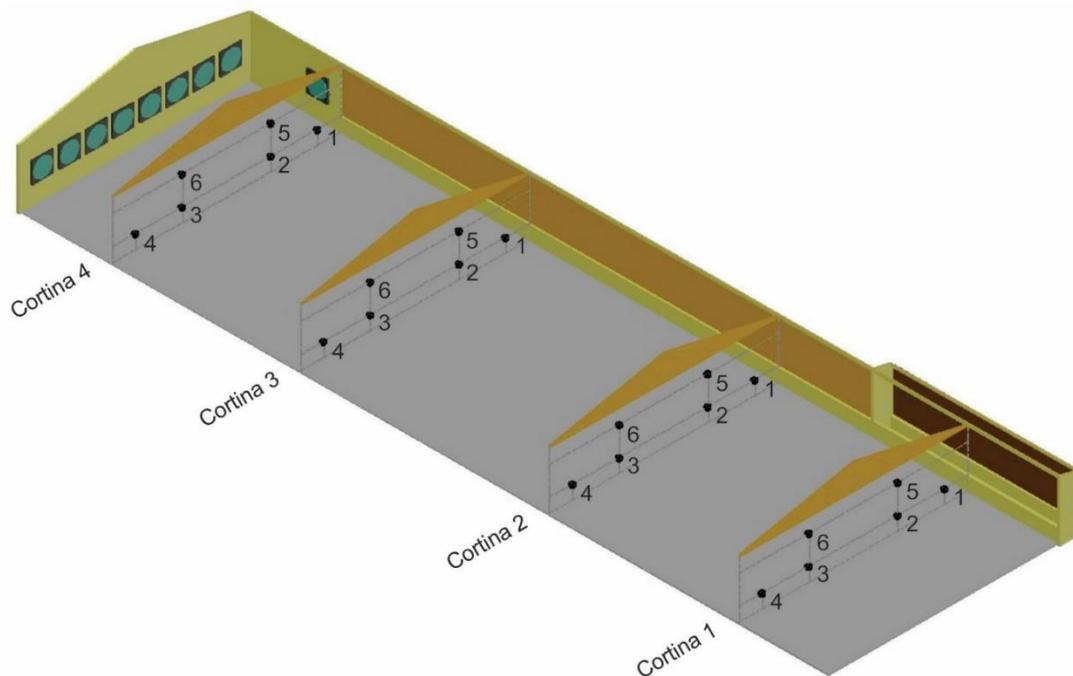


Figura 9. Denominação para sensores de vento, de temperatura e umidade.

Embora índices como ITU, ITGU e CTR revelem a importância relativa da temperatura, da umidade e da radiação sobre a sensação térmica de animais, não conseguem integrar diretamente o efeito importante da velocidade do vento. Para suprir essa lacuna, Tao e Xin (2003) propuseram o Índice de temperatura, umidade e velocidade do ar (ITUV), calculado aplicando-se a Equação 1.

$$ITUV = [(0,85 * T_{bs}) + (0,15 * T_{bu})] * V_v^{-0,058} \text{ (Eq.1)}$$

Na qual: *ITUV* - Índice de Temperatura, Umidade e Velocidade do ar; *T_{bs}* - Temperatura de bulbo seco, em °C; *T_{bu}* - Temperatura de bulbo úmido, em °C; *V_v* - Velocidade do vento, em m/s.

As faixas interpretativas empregadas para ITUV estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Faixas interpretativas para ITUV, considerando-se frangos nas últimas semanas do ciclo produtivo

ITUV	Sensação térmica
ITUV ≤ 24	Conforto
24 < ITUV ≤ 34	Alerta
34 < ITUV ≤ 39	Perigo
ITUV > 39	Emergência

Fonte: Tao e Xin (2003).

Resultados e Discussão

Diagnóstico da unidade experimental

O diagnóstico do galpão instrumentado foi cumprido em quatro etapas. Nas três primeiras, foram analisados os dados de temperatura do ar, umidade relativa e velocidade do vento, correlacionando-os com suas respectivas zonas de conforto e faixas recomendadas para frangos adultos; na última, caracterizou-se o ambiente térmico interno em função do ITUV.

Os dados médios das temperaturas do ar coletadas a 0,50 m de altura relativa à cama de frango estão discriminados na Figura 10. É possível observar que as menores temperaturas aconteceram no alinhamento da Cortina 1 com o registro da média mínima de 26,4°C, enquanto a média máxima, no valor de 29,1°C, foi registrada na Cortina 4; a média global da temperatura do ar foi de 28,2°C.

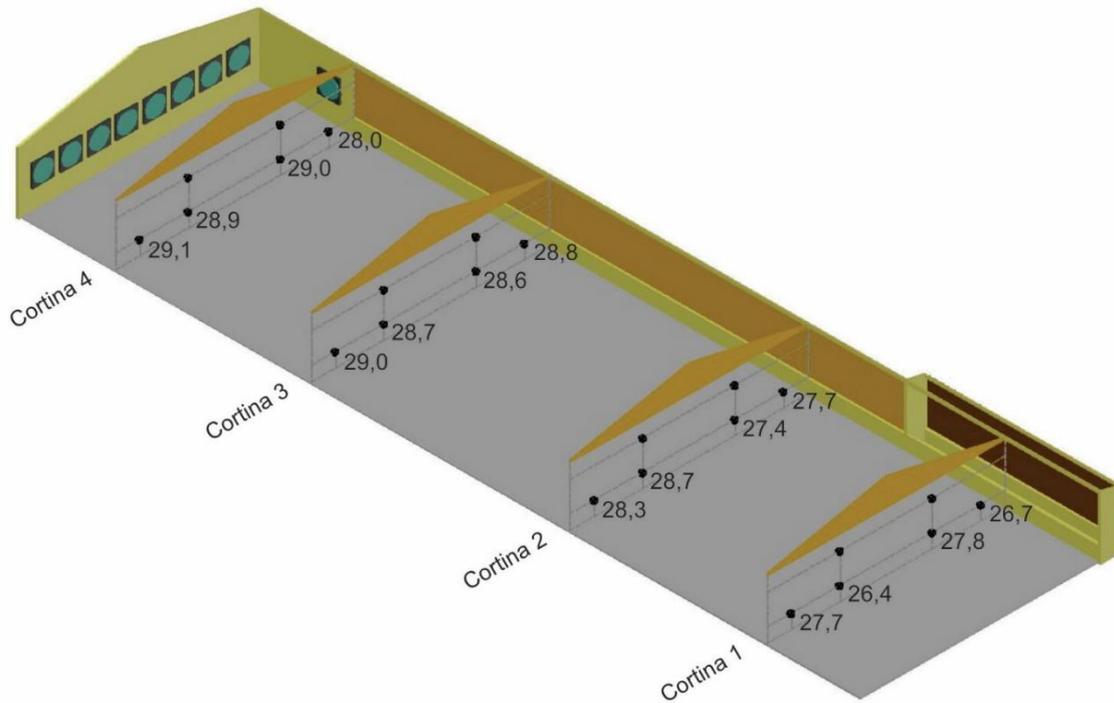


Figura 10. Temperaturas do ar (°C) coletadas a 0,50 m de altura relativa à cama.

Esses achados corroboram os registros feitos por Furtado et al. (2003); as temperaturas do ar, em sua pesquisa acerca do conforto térmico em galpões avícolas paraibanos com diferentes sistemas de condicionamento, variaram entre 28,7 e 30,9°C, no período entre 12 e 14 h.

Também estão em acordo com os dados declarados por Santos (2012), que ao investigar dois galpões em pressão negativa, localizados no município de Guarabira/PB, encontrou, para o período seco, valores máximos de T_{ar} interno de até 35,5°C e valores médios para a variável de 28,3°C, durante as últimas semanas do ciclo produtivo das aves.

Da observação da Figura 11, na qual constam as curvas para temperatura do ar por cortina, conclui-se que esta variável, apenas no trecho próximo ao painel evaporativo, apresentou valores dentro dos limites preconizados como confortáveis que, segundo Tinôco (2001) e Baêta e Souza (2010), está definido entre 18 a 28°C para frangos adultos. Isso está em consonância com Furtado et al. (2002), categóricos ao afirmar que nas diversas mesorregiões do Estado da Paraíba, aves adultas se encontraram em situação de desconforto térmico ao longo do período diurno, devido às elevadas temperaturas do ar no interior das instalações.

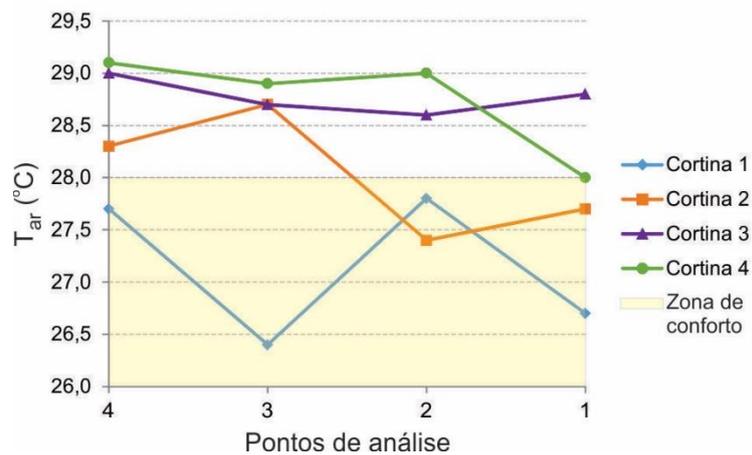


Figura 11. Curvas da temperatura do ar (°C) coletada a 0,50 m com respectiva zona de conforto para frangos de corte adultos.

Da análise dos valores médios da temperatura do ar por cortina visualizou-se o aumento da magnitude dessa variável na medida em que se distanciou dos painéis e se aproximou dos exaustores. É fácil compreender este padrão de distribuição da temperatura interna; isso aconteceu, pois, como explicado em Franco et al. (2011), a temperatura do ar externo mais aquecido sofre efetivo resfriamento ao passar pelas placas porosas e saturadas com água e, então, resfria o ar interno logo que se mistura a ele.

Neste ponto, vale ressaltar que a T_{ar} no exterior do galpão, registrada durante o período do experimento, atingiu o valor médio de 34,5°C, ao passo que aquela coletada na circulação interna das placas evaporativas desceu ao patamar de 27,2°C; isto representou um resfriamento direto de 7°C.

Franco et al. (2011) investigaram o uso de painéis evaporativos para o arrefecimento do ar no interior de casas de vegetação, em Almeria/ Espanha, e relacionaram a utilização das placas em celulose com espessura de 0,10 m, sujeitas à velocidade do vento de 1,27 m/s, à redução média de até 8°C em comparação com a temperatura externa.

É importante considerar que a contribuição para a elevação da temperatura do ar pelo calor metabólico das aves é tão maior quanto mais próximo de seus peitorais forem os pontos de observação.

Considerando a temperatura corporal de frangos confinados entre 41 e 42°C (NAZARENO et al., 2009), a superficial da pele de 33°C (SANTOS, 2012) e a temperatura média do ar, no experimento ora discutido, de 28,2°C, pode-se afirmar que houve ganho de calor pelo ambiente em função de trocas evaporativas e condutivas com as aves. A produção total de calor metabólico de 137.000 W foi estimada em função do número de aves vivas e do peso médio do animal quando da finalização do lote.

A importância do emprego de *pad coolings* e a relevância da escolha dos fechamentos verticais, em virtude de suas propriedades térmicas, a fim de minorar os efeitos das altas temperaturas externas ficam evidentes no trabalho realizado por Carvalho-Curi (2014).

Os dados médios de umidade relativa por ponto de coleta estão mapeados na Figura 12. Nas cortinas de 1 a 4, foram registrados valores médios de 84,25; 89; 93 e 72,5%, respectivamente; já o valor médio global foi de 84,69%.

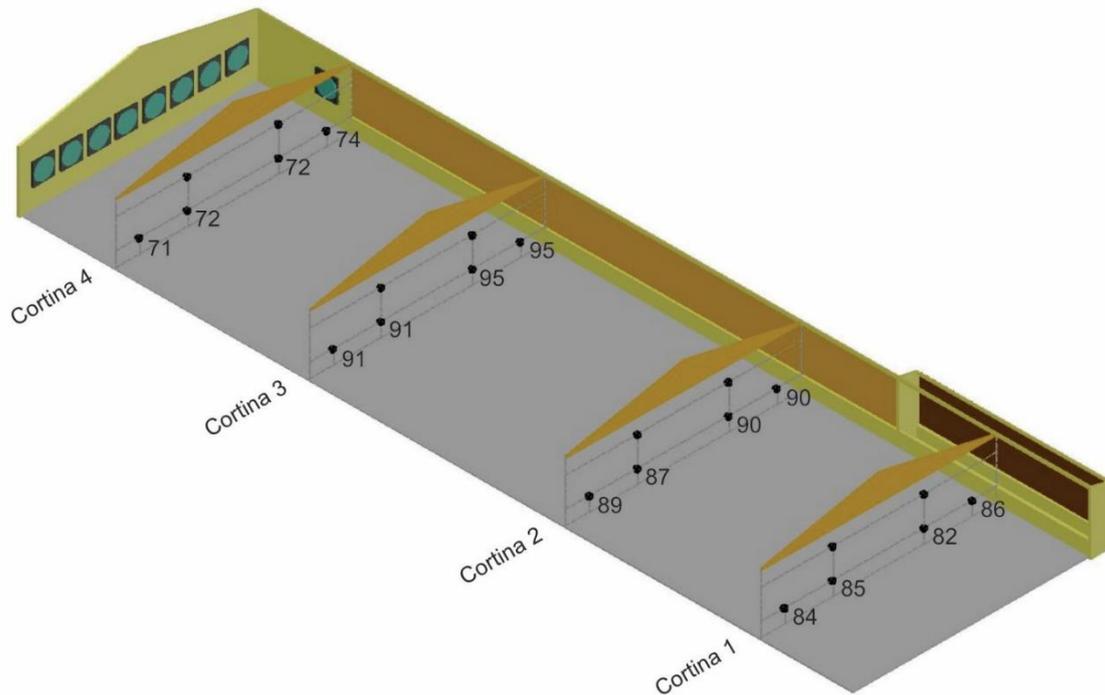


Figura 12. Umidades relativas do ar (%) coletadas a 0,50 m de altura relativa à cama.

Nas imediações da Cortina 3, a UR atinge seu valor médio máximo de 95%, enquanto na Cortina 4, logo na sequência, registra-se o valor médio mínimo de 71%.

Elevada umidade relativa no interior de aviário ventilado à pressão negativa e situado em Guarabira/PB, durante o período quente, foi constatada por Santos (2012), a qual anotou valores internos máximo de 91,20% e médio de 76,23%.

Carvalho-Curi (2014) também encontrou valores acima da faixa recomendada para conforto de frangos quando investigou aviários climatizados em túnel, dotados de painéis evaporativos e exaustores, instalados no município de Amparo/SP, nos quais a UR máxima foi de 89,90% e a média de 81,59%.

Percebe-se o aumento da umidade nos trechos médios do galpão, referentes às Cortinas 2 e 3, devido ao sistema interno complementar de nebulização. Este permaneceu desligado no trecho correspondente aos painéis evaporativos e naquele próximo aos exaustores; neste último, por medida protetiva para os equipamentos elétricos.

No alinhamento da Cortina 1, a umidade é proveniente unicamente dos *pad coolings*, enquanto na Cortina 4 é apenas fruto do carreamento pelo vento decrescida da parcela perdida em função da temperatura mais elevada no fundo do galpão. Nesta conjectura para a Cortina 4, considerou-se irrelevante o acréscimo de umidade promovido pela evaporação do líquido produzido no trato

respiratório do animal alojado, visto que o ar, nos trechos imediatamente anteriores, encontrava-se quase saturado.

As curvas da umidade relativa do ar coletada a 0,50 m, por cortina, com respectiva faixa recomendada para frangos de corte adultos podem ser contempladas na Figura 13.

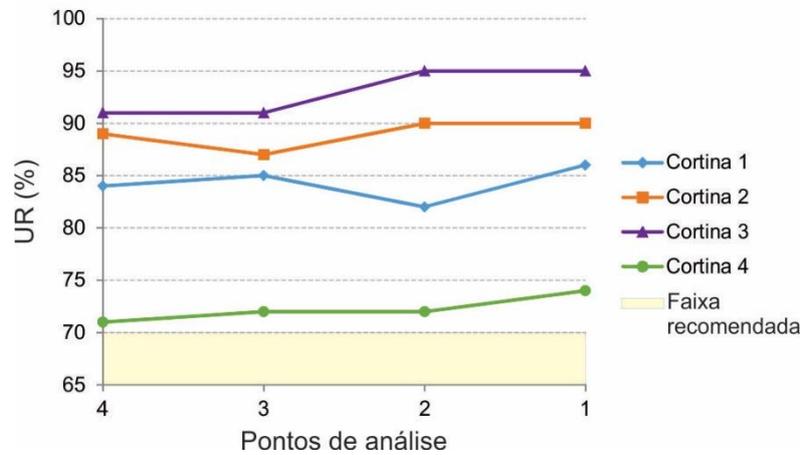


Figura 13. Curvas da umidade relativa do ar (%) coletada a 0,50 m com respectiva faixa recomendada para frangos de corte adultos.

Nas horas mais quentes do dia, a UR esteve mais próxima da faixa recomendada para conforto de frangos adultos apenas na Cortina 4; ainda assim, em todas as cortinas os valores para esta variável extrapolaram os limites entre 50 e 70% preconizados por Tinôco (2001) e Baêta e Souza (2010).

Os dados médios para velocidade do vento a 0,50 e a 1,50 m, adquiridos a partir do sistema de aquisição, estão apresentados na Figura 13.

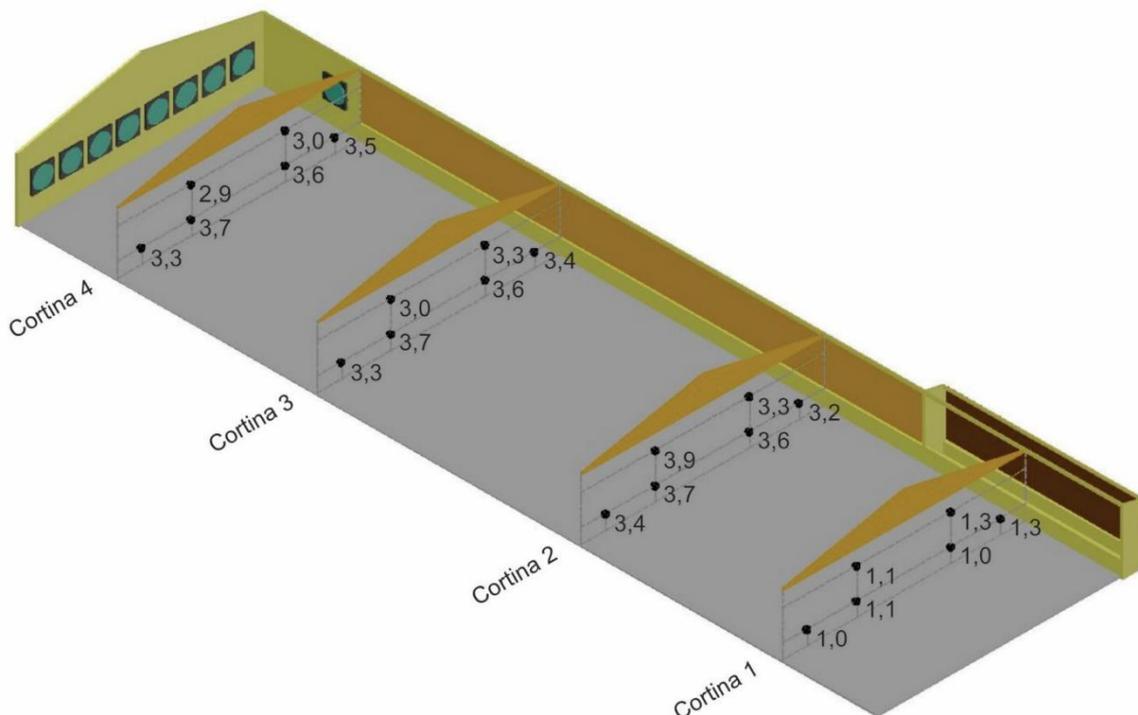


Figura 13. Velocidades do vento (m/s) coletadas a 0,50 e 1,50 m de altura relativa à cama.

Velocidades de vento mais baixas, com valor médio de 1,13 m/s, ocorreram no alinhamento referente à Cortina 1; para as cortinas seguintes, os valores médios da variável em questão foram de 3,52, 3,40 e 3,33 m/s, na sequência. Valores mínimo de 1,0 m/s, máximo de 3,9 m/s e médio global de 2,85 m/s foram encontrados.

Pode-se observar que a velocidade do vento esteve distribuída mais uniformemente no trecho posterior ao alinhamento dos painéis evaporativos, com diferença média entre os dados da Cortina 1 e das subsequentes de aproximadamente 33%.

Santos (2012) declarou achados de velocidade do vento mínimas de até 0,00 m/s e máximas de até 2,90 m/s, na 6ª semana de vida das aves, durante o período quente, em galpões situados em Guarabira/PB e ventilados à pressão negativa.

Carvalho-Curi (2014) relatou V_v máxima de 2,32 m/s e mínima de 0,34 m/s encontradas em galpões de Amparo/SP aos 42 dias de vida das aves, no período do verão às 14h.

Embora a velocidade do vento média máxima, registrada no experimento ora discutido, tenha extrapolado os valores achados pelas duas autoras supracitadas, atende parcialmente ao requisito pré-estabelecido pelo criador, cuja V_v desejada é de até 3,50 m/s.

Da observação da Figura 14, nas quais são apresentadas as curvas de velocidade do vento geradas a partir dos dados coletados a 0,50 m e 1,50 m, pode-se notar a inadequação dos dados de V_v encontrados em todos os trechos, ao longo de todo o volume de ar do galpão. Tal inadequação é indicada pela impertinência dos valores à faixa recomendada por Cobb (2012) para o conforto térmico de aves adultas.

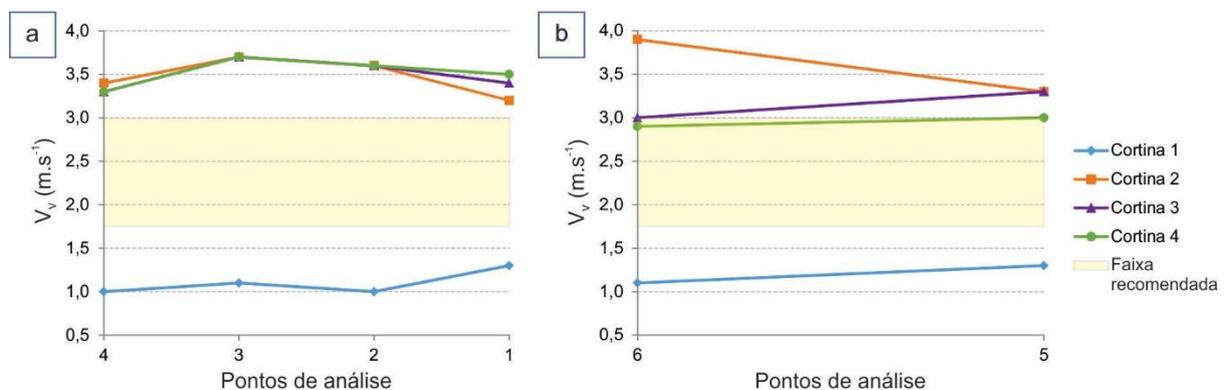


Figura 14. Curvas da velocidade do vento (m/s) coletada a 0,50 m (a) e 1,50 m (b) com respectiva faixa recomendada para frangos de corte adultos.

Embora Santos (2012) e Carvalho-Curi (2014) refiram-se aos dados médios de velocidade do vento como apropriados ao conforto de frangos adultos, tem-se que atentar para a grande amplitude entre máximas e mínimas; estas últimas, muito aquém dos limites mínimos recomendados.

Caracterização do ambiente térmico interno

A caracterização do ambiente térmico interno do galpão experimental foi feita em função do Índice de temperatura, umidade e velocidade do ar (ITUV), proposto por Tao e Xin (2003) e calculado

conforme descrito na Equação 1. Ambientes com $ITUV \leq 24$ foram qualificados em estado de conforto, ao passo que ambientes com $24 < ITUV \leq 34$ como em condições de alerta.

Os valores de ITUV calculados para pontos a 0,50 m de altura relativa à cama de frango estão apresentados na Figura 15. O ITUV mínimo encontrado foi de 25,3 na Cortina 2 e ITUV máximo de 27,4 na Cortina 1; o ITUV médio foi de 26,3.

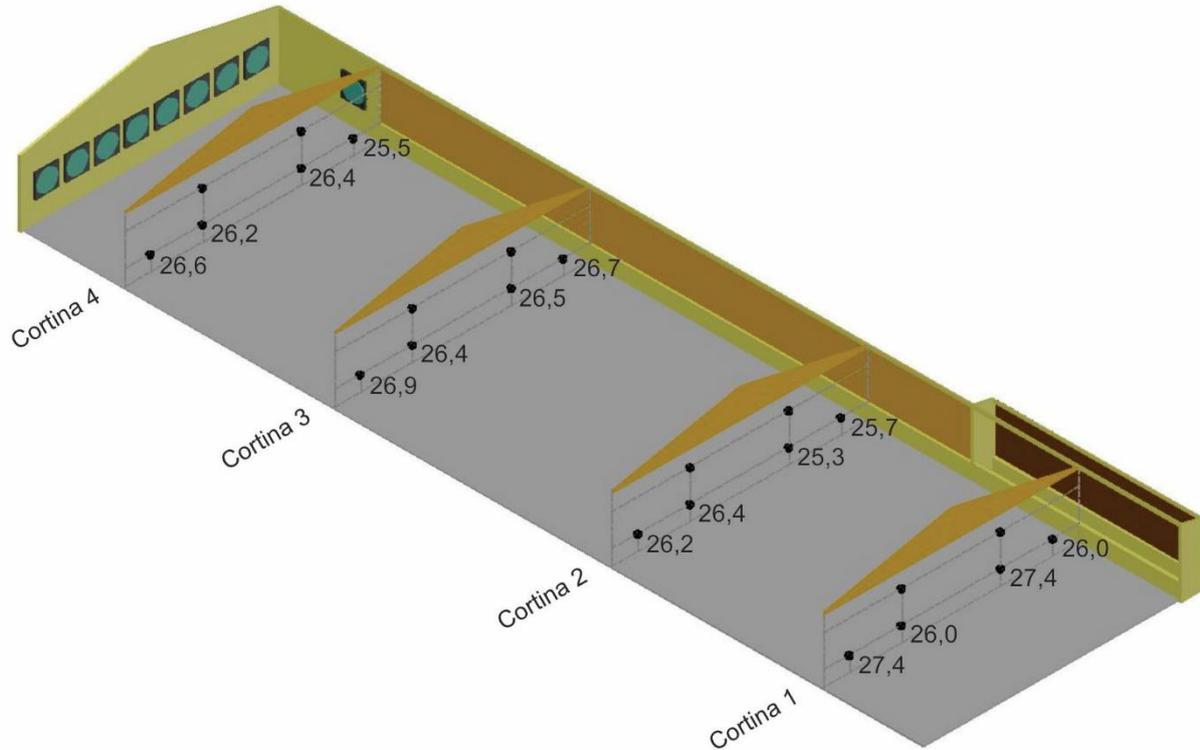


Figura 15. Valores de ITUV calculados para pontos a 0,50 m de altura relativa à cama.

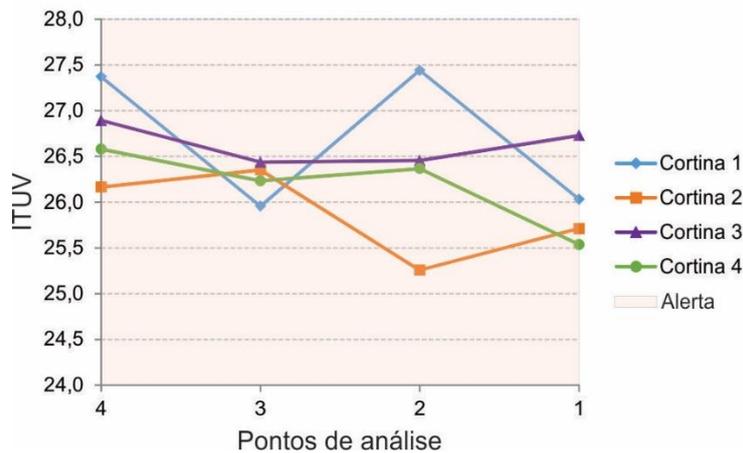


Figura 16. Curvas de ITUV por cortina, para dados coletados a 0,50 m, com faixa interpretativa.

Como se pode visualizar na Figura 16, o ambiente interno mostrou-se inadequado, segundo ITUV, para assegurar conforto térmico às aves alojadas no período mais quente do dia, quando o sistema de climatização foi solicitado em sua potência máxima.

Este entendimento é corroborado por Santos (2012) que empregou o ITGU (Índice de temperatura do globo negro e umidade), para caracterizar o ambiente térmico dos galpões paraibanos

por ela instrumentados e encontrou ITGU máximo de 80, valor acima do faixa interpretativa para conforto térmico ($69 < ITGU < 77$), indicando situação de estresse para as aves em fase de terminação.

Anteriormente, Furtado et al. (2003) encontraram ITGU máximo de 80,4, no horário entre 12 e 14 h, demonstrando que no período mais quente do dia, os sistemas de condicionamento térmico testados foram insuficientes para produzir um ambiente confortável no interior do aviário.

Chama atenção a semelhança entre as curvas de ITUV e as curvas de temperatura do ar apresentadas por cortina, o que demonstra a maior importância relativa da temperatura sobre a umidade relativa e velocidade do vento.

De posse do diagnóstico para o galpão instrumentado, considerando-se as faixas interpretativas para ITUV como parâmetros e as condições médias por cortina encontradas para T_{ar} e V_v , infere-se que baixar os níveis de UR para 50% ou menos, seria a medida mais fácil de ser implementada para melhorar a sensação térmica dos frangos, durante as horas mais quentes do dia. Portanto, manter desligado o sistema de nebulização interno pareceu ser alternativa mais adequada.

Conclusão

O diagnóstico do galpão ventilado à pressão negativa apontou para ineficiência do sistema de climatização em propiciar condições internas de conforto para aves adultas alojadas, em períodos quentes, nos horários entre 12 e 14h, quando o sistema de climatização foi requisitado em sua potência máxima.

O padrão identificado através da análise isolada das variáveis indica que: a) os valores de T_{ar} foram pertinentes à zona de conforto apenas no trecho correspondente aos painéis evaporativos; b) a UR esteve acima da faixa recomendada ao longo de todo o galpão; e c) os valores de V_v foram sempre menores que o 1,75 m/s nas proximidades dos painéis evaporativos e superiores a 3,0 m/s nos demais trechos.

Referências

- ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. Relatório Anual 2016. Disponível em: <http://abpa-br.com.br/storage/files/versao_final_para_envio_digital_1925a_final_abpa_relatorio_anual_2016_portugues_web1.pdf> Acesso em: 16 dez. 2016.
- 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.
- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. Ambiência em edificações rurais - Conforto animal. 2ª ed. Viçosa: UFV, 2010. 269p.
- BIANCHI, M. V. A. A presença da ciência da construção em galpões de frangos de corte. Avicultura Industrial, v.1231, n.3, p.30-39, 2014.
- CARVALHO-CURI, T. M. R.; MOURA, D. J. Ambiência de precisão na avicultura de corte: sua importância e ferramentas. Avicultura Industrial, v.1231, n.3, p.40-49, 2014.

- DRURY, L. N. Air velocity and broiler growth in diurnally cycled hot environment. Transactions of the ASAE, n.9, p.329-332, 1966.
- FRANCO, A.; VALERA, D. L.; PEÑA, A.; PÉREZ, A. M. Aerodynamic analysis and CFD simulation of several cellulose evaporative cooling pads used in Mediterranean greenhouses. Computers and Electronics in Agriculture, n.76, p.218-230, 2011.
- FURTADO, D. A.; AZEVEDO, P. V. de; TINÔCO, I. F. F. Análise do conforto térmico em galpões avícolas com diferentes sistemas de condicionamento. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.7, n.3, p.559-564, 2003.
- FURTADO, D. A.; AZEVEDO, P. V.; SANTOS Jr., R. L.; ASSIS, P. C. O. Parâmetros de conforto térmico para produção animal nas mesorregiões do Estado da Paraíba. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2002, Foz de Iguaçu. Anais...Foz de Iguaçu: SBMET, 2002.
- MAY, J. D.; LOTT, B. D.; SIMMONS, J. D. The effect of air velocity on broiler performance and feed and water consumption. Poultry Science, n.79, p.1396-1400, 2000.
- SANTOS, M. B. G.; NASCIMENTO, J. W. B. do; SILVA, L. J. Utilização da geoestatística para caracterização espacial do ambiente térmico e acústico de aviários. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 32, 2012, Bento Gonçalves. Anais...Bento Gonçalves, 2012.
- SIMMONS, J. D.; LOTT, B. D.; MAY, J. D. Heat loss from broiler chickens subjected to various wind speeds and ambient temperatures. Applied Engineering in Agriculture, v.13, p.665-669, 1997.
- TAO, X.; XIN, H. Acute synergistic effects of air temperature, humidity, and velocity on homeostasis of market-size broilers. Agricultural and Biosystems Engineering, v.46, n.2, p.491-497, 2003.
- TINÔCO, I. F. F. Avicultura industrial: novos conceitos de materiais, concepções e técnicas construtivas disponíveis para galpões avícolas brasileiros. Revista Brasileira de Ciência Avícola, v.3, n.1, p.01-26, 2001.
- VITORASSO, G.; PEREIRA, D. F. Análise comparativa do ambiente de aviários de postura com diferentes sistemas de condicionamento. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.13, n.6, p.788-794, 2009.
- WELKER, J. S.; ROSA, A. P.; MOURA, D. J. de; MACHADO, L. P.; CATELAN, F.; UTTPATEL, R. Temperatura corporal de frangos de corte em diferentes sistemas de climatização. Revista Brasileira de Zootecnia, v.37, n.8, p.1463-1467, 2008.



Capítulo II

MODELAGEM COMPUTACIONAL DE AVIÁRIO DE PRESSÃO NEGATIVA PARA CRIAÇÃO EM ALTA DENSIDADE

*Gisele Caldas de Araújo Cunha
José Pinheiro Lopes Neto
José Wallace Barbosa do Nascimento
Dermeval Araújo Furtado
Valéria Peixoto Borges*

Introdução

Em busca de maior lucratividade e participação mais ativa no cenário econômico mundial e nacional, empresas do setor avícola têm modernizado suas instalações com a incorporação das tipologias construtivas dos aviários de grandes dimensões ventilados à pressão negativa e ampliado seu plantel com a criação de aves em regime de confinamento em maior densidade, o que maximiza a produção sem a necessidade da expansão do número de galpões (CUNHA, 2017).

Neste regime de confinamento, o controle das características térmicas e da qualidade do ar no interior das instalações torna-se imprescindível visto que, além do incremento das cargas de calor do ambiente em função do calor metabólico produzido pelos animais, há também a redução da capacidade de locomoção dos confinados com restrição da possibilidade de deslocamento para um ambiente mais favorável dentro do galpão de alojamento, principalmente, durante as últimas semanas do ciclo produtivo das aves.

Cabe o exemplo das instalações ventiladas à pressão negativa, para as quais se presume o controle eficaz das variáveis ambientais internas por meio da captação e exaustão de ar, única e exclusivamente, por aberturas previstas e dimensionadas a fim de gerar o efeito de túnel de vento. Na adaptação às necessidades dos galpões abertos brasileiros, com fechamentos laterais e forros confeccionados em tecidos sintéticos a base de resinas termoplásticas, desconsidera-se a alta permeabilidade ao ar e as taxas de infiltração desconhecidas que podem comprometer a eficiência deste sistema de climatização (CUNHA, 2017).

Em galpões climatizados por pressão negativa, se perfeitamente isolados e vedados, o ar adentra a instalação exclusivamente pelos painéis evaporativos e percorre todo o seu comprimento a uma velocidade fixa até sair, pelo lado oposto à entrada, sugado por exaustores. Se houver infiltração de ar, sua velocidade depois da seção dos evaporadores será menor que a velocidade de projeto, acarretando tanto perdas na produtividade, uma vez que a maior parte do calor dissipado pelos frangos ocorre por convecção, quanto de eficiência energética (BIANCHI, 2014).

A fim de reduzir a ocorrência de erros relacionados ao uso de analogias e desconsideração das especificidades de projeto, paulatinamente, vêm-se incorporando metodologias quantitativas de avaliação, monitoramento, modelagem e tomada de decisão sobre os sistemas de controle das condições ambientais no interior de aviários, a exemplo da geoestatística, da telemetria, da termografia e da simulação computacional (redes neurais, sistemas Fuzzy, termo-energética e de dinâmica de fluidos computacional - CFD).

A simulação computacional possibilita tanto a avaliação do desempenho termo-energético de diferentes geometrias, da eficiência do isolamento da envoltória em testes de variáveis para identificação da influência de cada elemento isoladamente (auxiliados por softwares como EnergyPlus, TRNSYS, DOE) quanto a avaliação das taxas de renovação de ar e a adequação de sistemas de climatização por meio de programas baseados em CFD (como ANSYS, PHEONICS e Autodesk CFD) (CUNHA, 2017).

A simulação computacional pressupõe a reprodução virtual de diferentes características de um edifício com o propósito de predição, utilizando-se de cálculos complexos, do desempenho da edificação sobre uma determinada abordagem (LIMA, 2012).

Em função disto, alguns pesquisadores, dentre eles Simmons et al. (2003), Blanes-Vidal et al. (2008), Lee et al. (2009), Norton et al. (2010), Hernández et al. (2013), Bustamante et al. (2013) e Carvalho-Curi (2014), recorreram aos modelos computacionais, a exemplo de simulações termoenergéticas e de CFD, muito promissores por oferecerem possibilidades de manipulação das características do sítio, da geometria, das propriedades dos materiais, das rotinas de ocupação e dos equipamentos de climatização com, relativamente, baixo custo e curto período de tempo.

Os algoritmos do CFD baseiam-se na resolução de um conjunto de equações, que descrevem a conservação de energia, massa e quantidade de movimento, no domínio do espaço e do tempo, conhecido como equações de Navier-Stokes (NORTON et al., 2009). Ainda se têm utilizado o CFD em pesquisas para fornecimento de descrição detalhada dos campos de fluxo no interior de edifícios agropecuários, a partir do qual o nível de mistura e a qualidade do ar no espaço ocupado podem ser determinados (BLANES-VIDAL et al., 2008; BUSTAMANTE et al., 2013; HERNÁNDEZ et al., 2013; TINÔCO et al., 2010; LEE et al., 2009; NORTON et al., 2010).

As equações governantes de escoamento de fluidos (laminar e turbulento), transferência de calor e fenômenos associados podem ser consideradas como formulações matemáticas das leis de conservação que descrevem a taxa de mudança de uma propriedade de fluido desejada como uma função de forças externas (NORTON et al., 2007).

O Autodesk CFD resolve as equações governantes, em tempo médio, em conformidade com as Equações de 1 a 4 (AUTODESK CFD 2016, 2016).

1) Equação de continuidade: os fluxos de massa que entram em um elemento fluido devem equilibrar-se exatamente com aqueles que saem.

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial \rho U}{\partial x} + \frac{\partial \rho V}{\partial y} + \frac{\partial \rho W}{\partial z} = 0 \quad (\text{Eq.1})$$

Na qual: ρ - Densidade do fluido, em kg.m^{-3} ; t - Tempo, em s; x, y, z - Coordenadas cartesianas; e U, V, W - Velocidade média nas direções x, y e z , respectivamente, em m/s.

2) Equações de conservação de momento (Segunda Lei de Newton): a soma das forças externas que atuam sobre a partícula de fluido é igual à sua taxa de variação de momento linear.

- Para momento no eixo x :

$$\rho \frac{\partial U}{\partial t} + \rho U \frac{\partial U}{\partial x} + \rho V \frac{\partial U}{\partial y} + \rho W \frac{\partial U}{\partial z} = \rho g_x - \frac{\partial P}{\partial x} + S_{DR} + S_{\omega} + \frac{\partial}{\partial x} \left[2(\mu + \mu_t) \frac{\partial U}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[(\mu + \mu_t) \left(\frac{\partial U}{\partial y} + \frac{\partial V}{\partial x} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[(\mu + \mu_t) \left(\frac{\partial U}{\partial z} + \frac{\partial W}{\partial x} \right) \right] \quad (\text{Eq.2})$$

- Para momento no eixo y:

$$\rho \frac{\partial V}{\partial t} + \rho U \frac{\partial V}{\partial x} + \rho V \frac{\partial V}{\partial y} + \rho W \frac{\partial V}{\partial z} = \rho g_y - \frac{\partial P}{\partial y} + S_{DR} + S_\omega + \frac{\partial}{\partial x} [(\mu + \mu_t) \left(\frac{\partial U}{\partial y} + \frac{\partial V}{\partial x} \right)] + \frac{\partial}{\partial y} [2(\mu + \mu_t) \frac{\partial V}{\partial y}] + \frac{\partial}{\partial z} [(\mu + \mu_t) \left(\frac{\partial V}{\partial z} + \frac{\partial W}{\partial y} \right)] \quad (\text{Eq.3})$$

- Para momento no eixo z

$$\rho \frac{\partial W}{\partial t} + \rho U \frac{\partial W}{\partial x} + \rho V \frac{\partial W}{\partial y} + \rho W \frac{\partial W}{\partial z} = \rho g_z - \frac{\partial P}{\partial z} + S_{DR} + S_\omega + \frac{\partial}{\partial x} [(\mu + \mu_t) \left(\frac{\partial U}{\partial z} + \frac{\partial W}{\partial x} \right)] + \frac{\partial}{\partial y} [(\mu + \mu_t) \left(\frac{\partial V}{\partial z} + \frac{\partial W}{\partial y} \right)] + \frac{\partial}{\partial z} [2(\mu + \mu_t) \frac{\partial W}{\partial z}] \quad (\text{Eq.4})$$

Nas quais: ρ - Densidade do fluido, em kg.m^{-3} ; U, V, W - Velocidade média nas direções x, y e z, em m/s; t - Tempo, em s; x, y, z - Coordenadas cartesianas; g_x, g_y, g_z - Aceleração gravitacional nas direções x, y e z, em m.s^{-2} ; P - Pressão, em Pa; S_{DR} - Termo para resistência distribuída; S_ω - Termo para escoamento rotativo; μ - Viscosidade dinâmica do fluido, em Pa.s; e μ_t - Viscosidade turbulenta do escoamento, em Pa.s.

Uma grande vantagem dos modelos baseados em CFD é possibilitar a redução de repetições dos experimentos e aperfeiçoar as instalações a partir da validação dos dados experimentais; sua importância vem crescendo juntamente com a solução de problemas, como a pouca precisão dos resultados das simulações e a falta de equipamentos computacionais adequados (CARVALHO CURTI & MOURA, 2014).

Blanes-Vidal et al. (2008), Bustamante et al. (2013), Hernández et al. (2013) e Carvalho-Curi (2014) desenvolveram pesquisas do tipo V&V - verificação e validação, nas quais os resultados das simulações são comparados às medições *in loco*. Concluíram que o modelo computacional utilizando dinâmica dos fluidos é uma ferramenta eficiente tanto para avaliação quantitativa quanto para tomada de decisões em projetos bioclimáticos de galpões avícolas, visto que não encontraram diferenças significativas entre os dados experimentais e do modelo em CFD.

Neste sentido, objetiva-se avaliar a influência de diferentes arranjos arquitetônicos de cobertura sob a qualidade térmica do ambiente interno a fim de combinar a cobertura testada mais eficiente a diferentes configurações de aberturas de captação do ar. Em todas as simulações foram considerados fechamentos laterais em cortinas flexíveis e a geração de calor pelos exaustores e metabolismo das aves.

Material e Métodos

Caracterização da unidade experimental

A coleta de dados em campo foi realizada em granja para criação de frangos de corte com área de 2.250,00 m^2 , ventilação em túnel por pressão negativa, localizada na Fazenda Sapucaia,

Guarabira/PB, com coordenadas geográficas 06°51'58" S, 35°27'58" O e 89,00 m de altitude. O galpão referido é propriedade da Empresa Guaraves Alimentos. O município de Guarabira está localizado na Mesorregião do Agreste Paraibano e, segundo Köppen, possui clima do tipo Aw', caracterizado como tropical subúmido.

Dados do controle de lote efetuados pelo criador indicam alojamento de 30.000 frangos (densidade de 13,33 aves.m⁻²), separados em três grupos: 10.000 fêmeas, 10.000 misto e 10.000 machos. Aos 32 dias de alojamento, procedeu-se a apanha para retirada das 10.000 fêmeas e aos 42 dias finalizou-se o lote, momento em que foi registrado peso médio de 2,60 kg por animal (~ 23,0 kg.m⁻²) e taxa de mortalidade final de 0,02% (613 unidades).

O galpão experimental, deste ponto em diante, por vezes referenciado como protótipo, está implantado no sentido Leste-Oeste. As Figuras 1 e 2 são as ilustrações esquemáticas de sua planta baixa e cortes (transversais, AA e BB; longitudinal, CC), respectivamente.

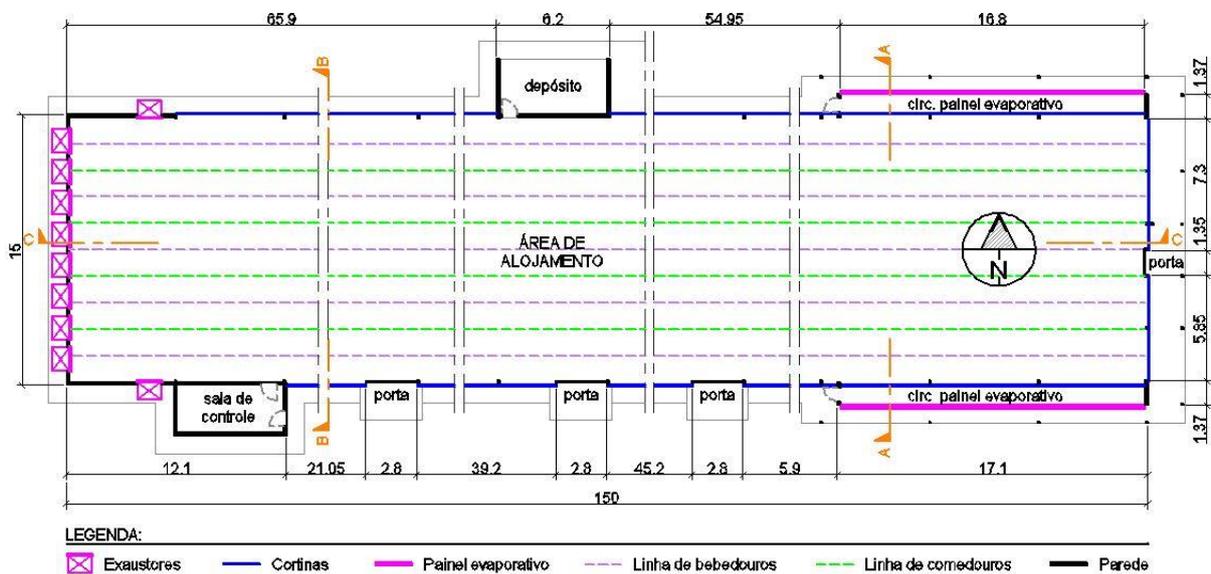


Figura 1. Representação esquemática do protótipo em planta baixa.

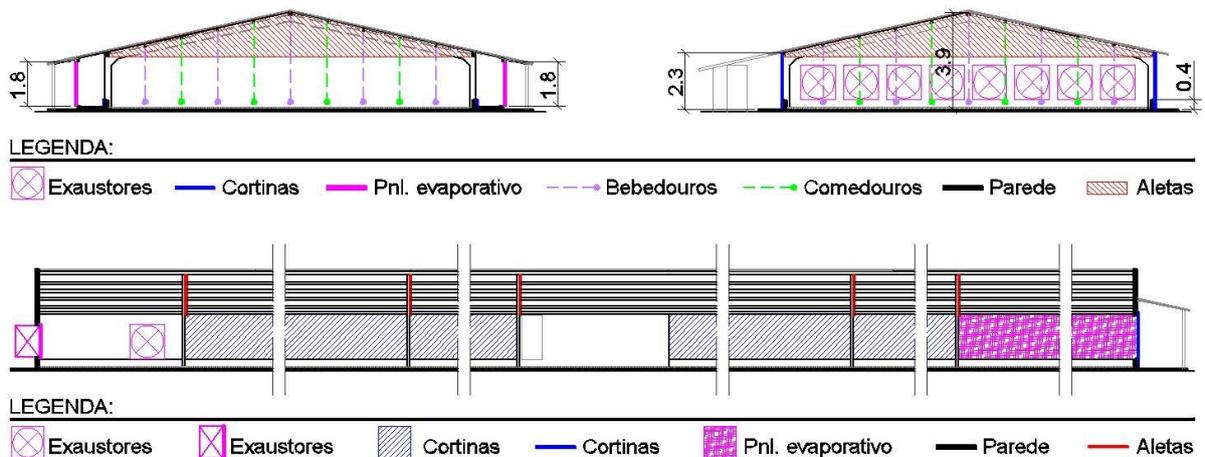


Figura 2. Representação esquemática do protótipo em cortes AA, BB e CC, respectivamente.

O aviário está equipado com sistema de climatização em pressão negativa composto por painéis evaporativos, nebulizadores internos e exaustores. O sistema de ventilação foi dimensionado para atingir velocidades do vento de até 3,5 m/s.

A captação de ar se dá por dois painéis evaporativos construídos em placas de celulose de 1,80 x 0,60 x 0,10 m (altura x comprimento x espessura), com canaletas de 60° e 30°, dotados de sistema de recirculação de água, do tipo CELdek 7090-15-1800-600-100 com MI-T-Edge, Munters, com comprimento total de 16,80 m e altura de 1,80 m cada um, localizados nas faces laterais (orientações Norte e Sul) próximos ao oitão frontal, à Leste. Uma vista exterior e uma do interior da circulação do painel evaporativo são ilustradas na Figura 3.



Figura 3. Vista exterior do painel evaporativo (a) e vista interior da circulação entre o painel e a área de alojamento das aves (b).

A exaustão do ar é proporcionada por meio de dez exaustores confeccionados em aço galvanizado, do tipo Multifan 130 com cone e três pás, Multifan, que medem 1,382 x 1,382 m (altura x largura), possuem potência de 1,5 HP (~1120 W) e capacidade de vazão de 47.470 m³.h⁻¹ a 0 Pa. Oito deles estão localizados na parede a Oeste (Figura 4a), um na Norte e outro na Sul (Figura 4b); estes dois próximos ao oitão posterior. No programa de acionamento, o primeiro exaustor entra em funcionamento sempre que a temperatura do ar no interior do galpão ultrapassa a temperatura máxima ideal para a fase produtiva; em seguida, um exaustor a mais é acionado sempre que ocorre um incremento de 0,5 °C na temperatura interna (Ex.: Para alojamento entre a 6^a e 7^a semana, o primeiro exaustor é ligado aos 22,5 °C de temperatura do ar e, ao atingir 27 °C, todos os dez exaustores estarão acionados).



Figura 4. Exaustores localizados no oitão Oeste (a) e na parede voltada a Sul.

A fase de utilização da CFD como ferramenta de apoio às decisões projetuais foi dividida em duas etapas. Na primeira, foram comparados os resultados simulados de três diferentes composições de cobertura a fim de identificar aquela mais eficiente quanto ao conforto térmico das aves alojadas. Na segunda, combinou-se a tipologia de cobertura mais eficiente com duas diferentes composições de painéis evaporativos.

Em ambas as etapas, analisaram-se a distribuição interna da temperatura do ar, da umidade relativa e da velocidade do vento, a partir de dados simulados extraídos de cada modelo CFD em 25 pontos, localizados a 0,30 m de altura relativa à cama de frango, de acordo com a Figura 5.

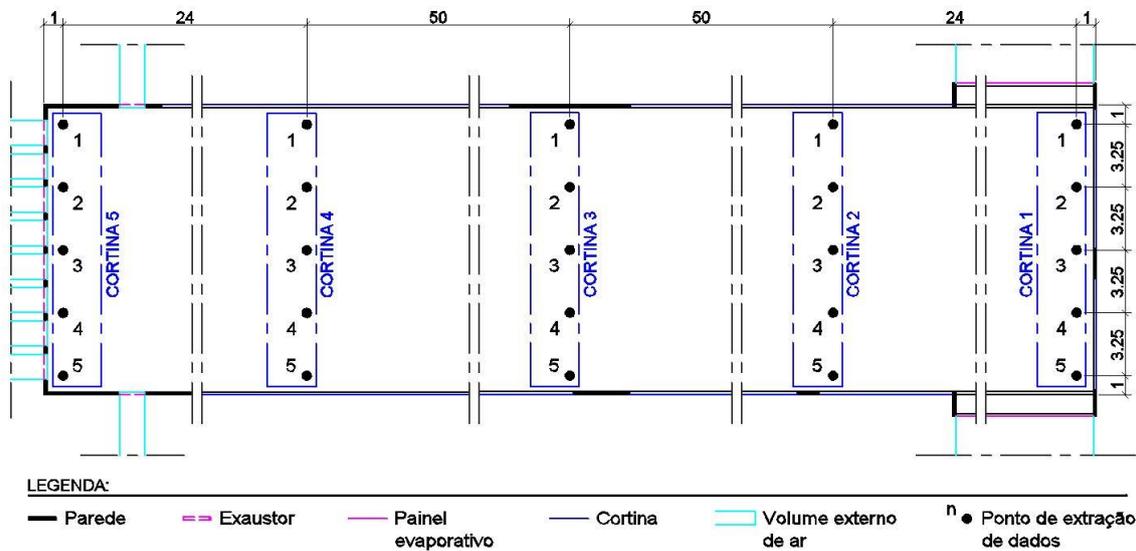


Figura 5. Marcação de pontos para extração dos dados simulados

Foram testadas as seguintes tipologias de cobertura: 1) modelo referência, equivalente ao protótipo, com cobertura em telhas metálicas dotadas de forro em poliuretano, paralelo e adjacente às mesmas, e aletas em polipropileno - TiFiA; 2) semelhante à TiFiA, mas com a supressão das aletas - TiFisA; e 3) similar à TiFisA, mas com forro paralelo ao piso - TiFh.

Na Figura 6 estão representadas esquematicamente as três diferentes tipologias de cobertura. É importante frisar que, no modelo geométrico gerado para o tratamento TiFh, desprezou-se o volume de ar no ático. Tal procedimento foi fundamentado no adotado por Carvalho-Curi (2014) e, também, no fato do forro em questão ser confeccionado em material isolante, o que diminui substancialmente a influência da temperatura do ar no ático sobre a temperatura do ar no setor de alojamento das aves.



Figura 6. Composições de cobertura TiFiA, TiFisA e TiFh, respectivamente

Convém ressaltar que, em TiFh, procedeu-se ao ajuste no dimensionamento de exaustores e painéis evaporativos em função da diminuição do volume de ar a ser climatizado quando comparado às propostas TiFiA e TiFisA.

Para a modelagem geométrica referente ao tratamento TiFh, fez-se necessário o dimensionamento de exaustores e painéis evaporativos; para tanto, considerou-se o método proposto por Tinôco (2009), no qual a área de abertura a ser coberta pelas placas evaporativas e a quantidade adequada de exaustores são calculadas segundo as Equações 5 e 6, respectivamente.

$$A_{PE} = L * H_{med} \quad (\text{Eq.5})$$

Na qual: A_{PE} - Área do painel evaporativo, em m^2 ; L - Largura do galpão, em m; e H_{med} - Altura média útil do galpão, em m.

$$N_{ex} = \frac{L * H_{med} * V_v}{C_{ex}} \quad (\text{Eq.6})$$

Na qual: N_{ex} - Quantidade de exaustores, adimensional; L - Largura do galpão, em m; H_{med} - Altura média útil do galpão, em m; V_v - Velocidade do vento desejada, em m/s; e C_{ex} - Capacidade de vazão do exaustor, em $m^3.s^{-1}$.

Consideraram-se a velocidade do ar desejada máxima igual a 3,5 m/s, a capacidade de vazão dos exaustores igual a $47.470 m^3.s^{-1}$ e a renovação completa do volume de ar em menos de 1 minuto (dados similares aos especificados no protótipo).

As simulações CFD geradas com o software Autodesk CFD 2016 (versão 16.2, com licença estudantil) foram utilizadas, em um primeiro momento, para validação de um modelo computacional de referência; em seguida, empregadas como mecanismo de apoio à decisão projetual na testagem de diferentes arranjos construtivos.

O modelo referência foi criado e ajustado como discriminado adiante. Após sua validação, adotaram-se os mesmos procedimentos e configurações para os demais modelos gerados para análise em dinâmica dos fluidos computacional.

Seguiu-se o fluxo de trabalho descrito abaixo, conforme sugerido pelo fabricante do software; esta sequência contemplou todas as etapas inerentes à metodologia CFD.

- Pré-processamento- definição do problema, criação da geometria, aplicação de materiais, definição das condições de contorno, geração da malha;
- Processamento (solver)- configurações para cálculo da solução; e
- Pós-processamento- análise e comparação dos resultados.

As geometrias de todos os arranjos simulados em CFD foram geradas na escala 1:1 utilizando-se do software Autodesk AutoCAD 2014 (versão I.18.0.0 licenciada para estudantes) e exportadas como arquivo ACIS (*.sat).

Uma vez que a simplificação da geometria é requisito básico para simulações CFD, excetuaram-se de todos os modelos as regiões fluidas não envolvidas diretamente no domínio do problema e, também, os elementos estruturais (pilares e vigas metálicas) que, segundo Saraz (2010), não interferem nos resultados das simulações.

Os painéis evaporativos, as cortinas de fechamento lateral e as aletas da cobertura foram modelados como regiões bidimensionais, com desprezo da espessura, reconhecidas pelo programa CFD como “*surface parts*”. Este artifício possibilitou menor refinamento da malha ocasionando redução da quantidade de nós e elementos totais e, por conseguinte, diminuição de tempo e recursos computacionais exigidos.

Para representar o ar que adentra a edificação, gerou-se uma volumetria na face externa de cada abertura de captação com largura e altura correspondentes às respectivas dimensões do painel evaporativo e comprimento igual a cinco vezes seu raio hidráulico, conforme recomendação da Autodesk (AUTODESK CFD 2016, 2016).

De maneira similar, os exaustores foram compostos de duas partes: a primeira, representativa do receptáculo que abriga as pás e responde pela troca de calor com o meio e a segunda, que reproduz o ar que é levado para fora do ambiente. Dessa forma, o volume de ar que sai foi modelado com diâmetro igual ao especificado pelo fabricante do equipamento e comprimento de cinco vezes seu raio hidráulico.

As vistas das fachadas Leste, Oeste, Norte e Sul do modelo referência TiFiA, além dos detalhes de sua modelagem interna, estão ilustradas, nas Figuras de 7 a 11, respectivamente.

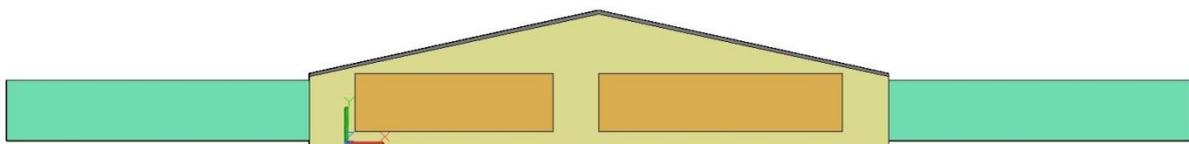


Figura 7. Elevação Leste do modelo gerado para validação.

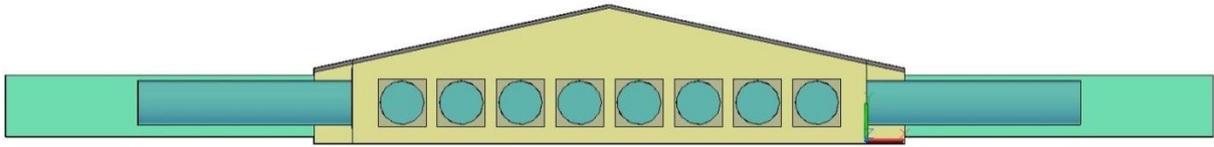


Figura 8. Elevação Oeste do modelo gerado para validação.

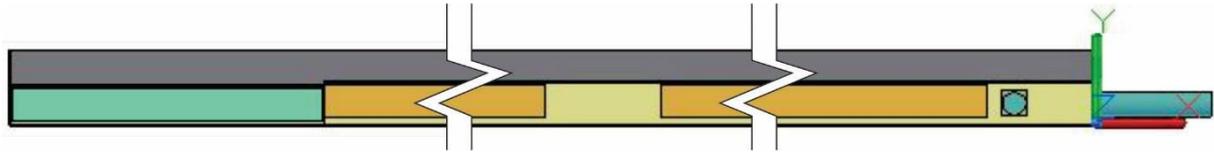


Figura 9. Elevação Norte do modelo gerado para validação.

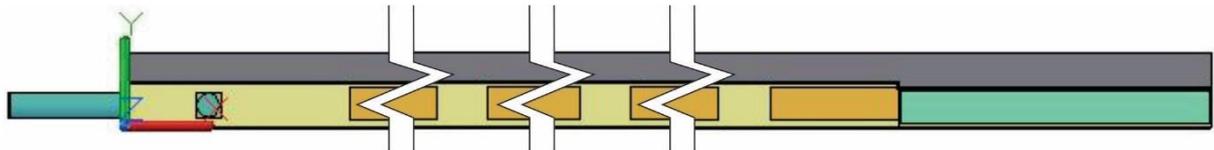


Figura 10. Elevação Sul do modelo gerado para validação.

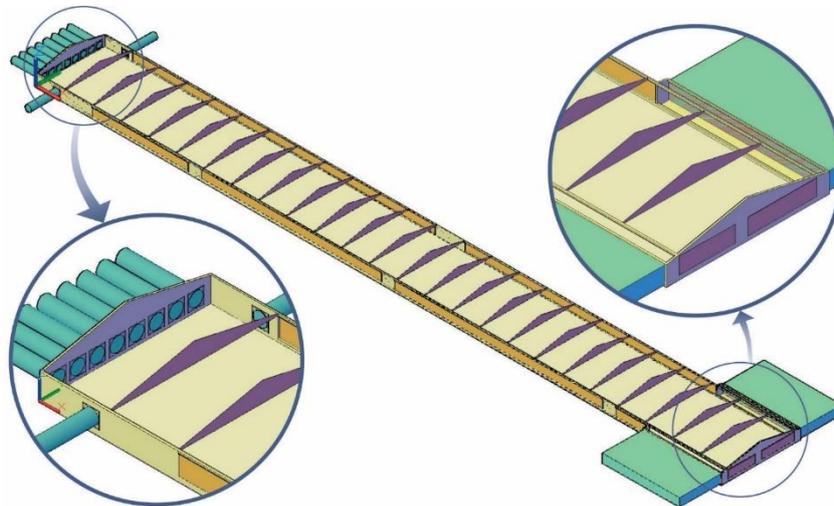


Figura 11. Detalhes internos, em perspectiva, do modelo gerado para validação.

Inicialmente, a pressão atmosférica do local de estudo, estimada em função de sua altitude, conforme a Equação 7 proposta por Jensen et al. (1990) e a temperatura média do ar externo durante o experimento, foram atribuídas ao ambiente dos cenários.

$$P_{atm} = 101,3 * \left(\frac{288 - 0,0065 * H}{288} \right)^{5,257} \quad (\text{Eq.7})$$

Na qual: P_{atm} - Pressão atmosférica no local de estudo, em kPa; H - Altitude do local de estudo, em m.

Em seguida, todos os materiais foram definidos com base em suas propriedades (físicas, térmicas ou coeficientes de perda, conforme solicitado pelo software) e aplicados à parte da geometria correspondente.

O uso adequado da técnica de CFD envolve a definição de condições de contorno capazes de reproduzir no modelo de simulação, os fenômenos envolvidos no problema e presentes no modelo físico (NORTON et al., 2007; SARAZ et al., 2012; CARVALHO-CURI, 2014). As condições de contorno atribuídas aos modelos encontram-se discriminadas na Tabela 1.

Tabela 1. Dados, por tratamento, das condições de contorno atribuídas às partes

Partes	Condições de contorno	Dados por tratamento		
		TiFiA	TFisA	TiFh
Entradas	Pressão estática	0 Pa	0 Pa	0 Pa
	Temperatura do ar	27,2°C	27,2°C	27,2°C
	Umidade relativa do ar	0,81	0,81	0,81
Saídas	Taxa de fluxo de massa	11,33 kg.s ⁻¹	11,33 kg.s ⁻¹	11,33 kg.s ⁻¹
Envoltória	Coeficiente de filme	20 W.m ⁻² .K ⁻¹	20 W.m ⁻² .K ⁻¹	20 W.m ⁻² .K ⁻¹
	Temperatura de referência	34,5°C	34,5°C	34,5°C
Exaustores	Geração de calor total	11200 W	11200 W	8960 W
Frangos	Fluxo de calor total	137000 W	137000 W	137000 W

Segundo o Autodesk CFD 2016 (2016), a condição de limite de pressão, com uma pressão estática de calibração de valor igual à zero, é a condição de saída recomendada e mais conveniente. No problema em questão, uma vez que o sistema de ventilação funcionava em pressão negativa, o software identificou entradas (*inlets*) como saídas (*outlets*) e vice-versa; por isso, utilizou-se pressão estática igual a zero como condição de entrada.

A taxa de fluxo de massa foi calculada por meio da Equação 8, tomando-se por base o valor médio resultante das velocidades do vento coletadas no exterior do galpão, na face externa dos cones dos exaustores.

$$\dot{m} = \rho * V * A_{st} \text{ (Eq.8)}$$

Na qual: \dot{m} - Taxa de fluxo de massa, em kg.s⁻¹; ρ - Densidade do fluido, em kg.m⁻³; V - Velocidade do vento na saída do exaustor, m/s; e A_{st} - Área da seção transversal do tubo, em m².

Condições de contorno do tipo coeficiente de filme se prestam a simular a transferência de calor para o ambiente por meio de sua envoltória, sem que seja necessário modelar o ambiente circundante (AUTODESK CFD 2016, 2016).

Seguindo instruções do software, utilizou-se o valor de 20 W.m⁻².K⁻¹ para simular o ar externo em movimento e o valor da temperatura do ar coletada no exterior do galpão, como temperatura de referência.

A geração de calor total (baseada em volume) e o fluxo de calor total (baseado em superfície) foram empregados para simular o calor dissipado pelos exaustores e pelo metabolismo dos frangos alojados, respectivamente. O calor total produzido pelos exaustores foi calculado multiplicando-se a quantidade de equipamentos por sua potência em watts, enquanto o calor metabólico total produzido pelas aves foi estimado multiplicando-se o número final de aves vivas pela taxa metabólica basal por animal.

A taxa metabólica basal foi obtida empregando-se a Equação 09, conforme preconizado por Curtis (1983).

$$Q = a * W^b \text{ (Eq.9)}$$

Na qual: Q - Taxa metabólica basal, em kcal.h⁻¹; a - Constante igual a 2,9 (para Q em kcal.h⁻¹); W - Peso do animal, em kg; e b - Constante igual a 0,75 (para Q em kcal.h⁻¹).

De maneira geral, quanto mais refinada a malha, mais precisos poderão ser os resultados; entretanto, maior será a quantidade de nós e, conseqüentemente, maior tempo e recurso computacional serão demandados para que a simulação atinja a convergência.

De início, o mecanismo de cálculo da solução, chamado “*Solver*”, foi configurado para simulação em estado estacionário- “*Steady state*” e previsão de no máximo 1500 iterações até a convergência. Na seqüência, habilitaram-se as opções de controle inteligente de solução- “*Intelligent solution control*” e avaliação automática de convergência- “*Automatic convergence assessment*”. Com estas opções selecionadas, o software para automaticamente os cálculos, assim que os critérios de convergência estabelecidos¹, listados na Tabela 2, estejam atendidos.

Tabela 2. Parâmetros para avaliação automática de convergência e seus respectivos valores

Parâmetro	Valor
Inclinação da curva de convergência instantânea- “ <i>Instantaneous convergence curve slope</i> ”	10 ⁻⁴
Tempo médio da inclinação da curva de convergência- “ <i>Time-Average convergence curve slope</i> ”	10 ⁻²
Tempo médio da concavidade da curva de convergência- “ <i>Time-Average convergence curve concavity</i> ”	10 ⁻²
Flutuação de campo- “ <i>Field fluctuation</i> ”	10 ⁻⁵

¹ Os critérios de convergência aqui estabelecidos são considerados os mais rigorosos na escala pré-definida no Autodesk CFD 2016 (2016).

Utilizou-se o esquema de advecção² padrão- ADV 01 vez que a Autodesk (AUTODESK CFD 2016, 2016) recomenda sua seleção sempre que houver geometrias com numerosas obstruções internas e/ou resistências distribuídas atribuídas a “Surface parts”; nesta pesquisa, estes elementos estão identificados nas aletas da cobertura e nos painéis evaporativos, respectivamente.

Uma vez determinado o escoamento como incompressível ($NM < 10^{-2}$) e turbulento ($Re > 1,5 \times 10^6$), escolheu-se o modelo de turbulência “Standard $k-\epsilon$ ”. Blannes-Vidal et al. (2008) afirmam que, em sistemas com ventilação natural e/ou mecânica, é recomendado o uso do modelo “Standard $k-\epsilon$ ” para descrição da parte turbulenta do fluido devido à facilidade de convergência e boa precisão.

Saraz et al. (2012) fizeram uma revisão acerca do uso do CFD para estudos em instalações avícolas e concluíram que os modelos de turbulência *Standard $k-\epsilon$* e *RNG $k-\epsilon$* são os mais utilizados. Por fim, para viabilizar o cálculo da temperatura e da umidade relativa, se fez necessário habilitar os modelos de radiação e umidade.

Resultados e Discussão

A seguir encontram-se a imagem global e detalhes do modelo gerado no software de simulação, com indicativo das condições de contorno (Figura 12).

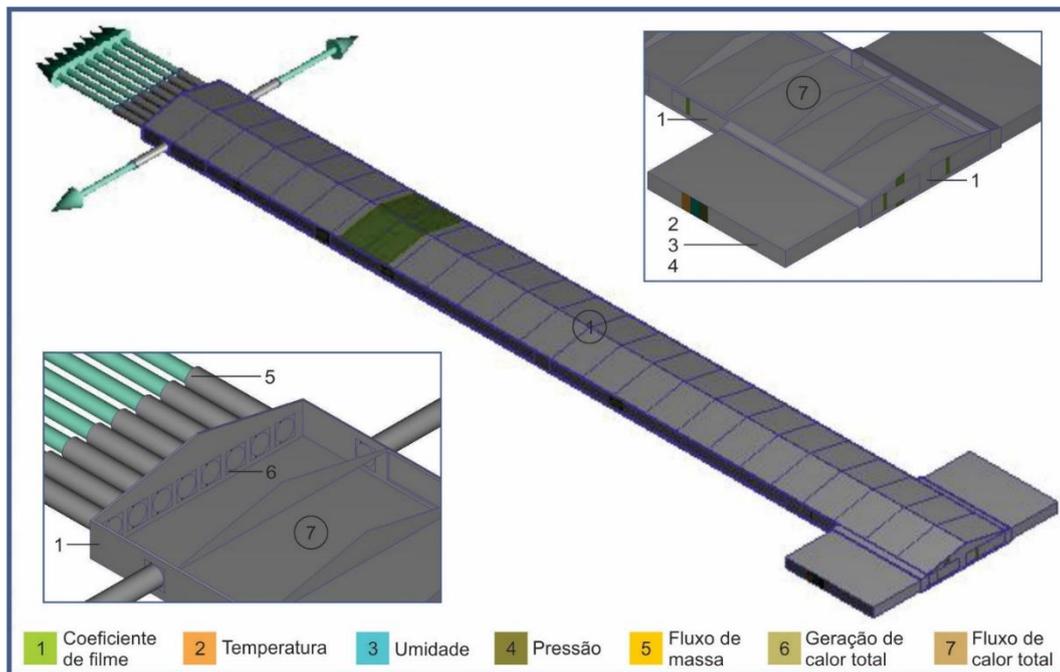


Figura 12. Modelo CFD para TiFiA com condições de contorno.

A malha gerada, a partir do método de discretização dos elementos finitos, foi do tipo não-estruturada, predominantemente tetraédrica; sua distribuição, em vistas e em detalhes externos e internos das saídas e entradas de ar, pode ser examinada nas Figuras 13, 14 e 15.

² Define qual o mecanismo numérico será utilizado para transportar uma determinada quantidade (neste caso, velocidade, temperatura e umidade) através do domínio da solução.

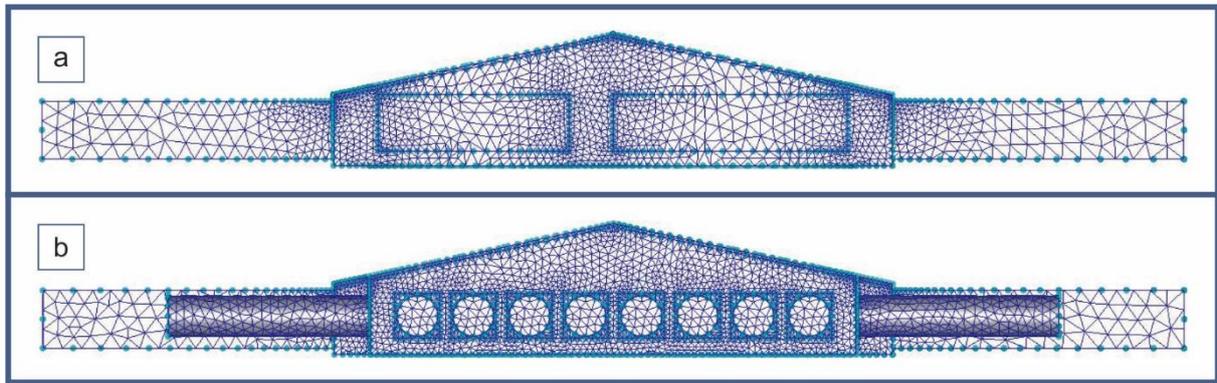


Figura 13. Distribuição da malha final para TiFiA nas faces Leste (a) e Oeste(b).

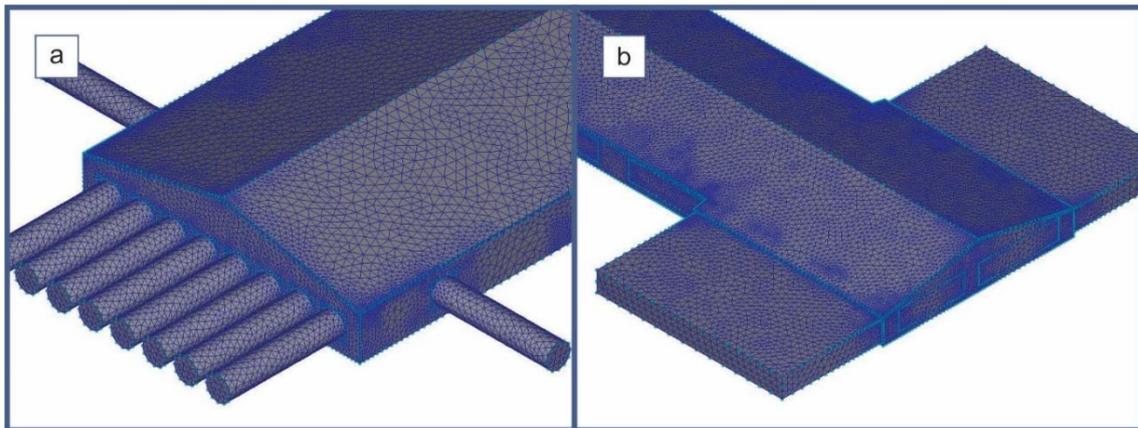


Figura 14. Detalhes da distribuição da malha para TiFiA nas saídas (a) e entradas de ar (b).

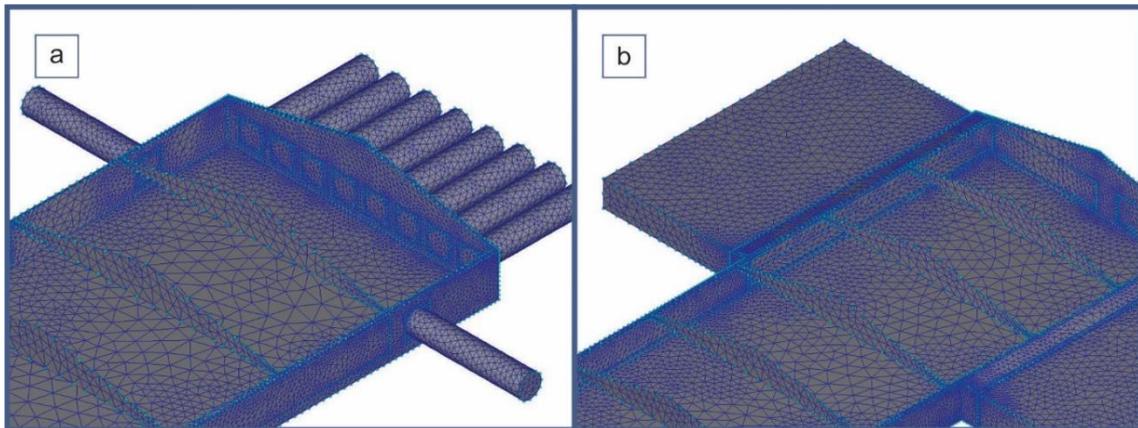


Figura 15. Detalhes da distribuição da malha para TiFiA nas saídas (a) e entradas de ar (b).

Para o dimensionamento automático da malha estabeleceu-se o valor mínimo de 0,10 m, definido em função da espessura do conjunto telha/forro; em seguida, recorreu-se ao refinamento automático para os elementos de superfície (aletas, cortinas e painéis evaporativos).

A malha final foi composta de 973.495 nós (858.683 em fluidos e 114.812 em sólidos), 3.524.459 elementos (2.977.164 em fluidos e 547.295 em sólidos) distribuídas no modelo com volume total de 8.056,6 m³; a relação de aspecto nodal máxima foi de 11,52. No modelo CFD para TiFiA, foram necessárias 1060 iterações para atingir a convergência.

Relação de aspecto nodal menor que 100 ($NAR < 100$) é um bom indicativo de adequação da malha (AUTODESK CFD 2016, 2016). Xue et al. (2016) adotaram malha tetraédrica com 3.380.000 de elementos para galpão com dimensões de 12,00 x 90,00 x 3,60 m. Carvalho-Curi (2014) gerou uma malha hexaédrica com 729.949 nós para um aviário com 20,00 x 120,00 x 3,00 m de dimensões. Os cálculos da solução foram realizados para regime estacionário, escoamento incompressível e turbulento utilizando o modelo *Standard k-ε*; um dos critérios definidos para detecção automática de convergência foi o valor residual (RMS)³ inferior a 10^{-5} .

Blannes-Vidal (2008), Bustamante et al. (2013), Guerra-Galdo et al. (2015) e Xue et al. (2016) adotaram parâmetros idênticos em seus experimentos utilizando-se de modelo CFD para avaliação de galpões avícolas ventilados à pressão negativa. Malha hexaédrica do tipo estruturada, modelo de fechamento *Standard k-ε* e critério de convergência do tipo residual (RMS) com valor inferior a 10^{-4} foram adotados por Carvalho-Curi (2014).

Uma vez validado o modelo CFD para TiFiA, utilizaram-se dos mesmos parâmetros para construção das geometrias, atribuição das condições de contorno, geração da malha de elementos finitos e, por fim, para configuração do mecanismo de cálculo das soluções dos modelos para TiFisA e TiFh. Os modelos CFD para TiFisA e TiFh, com as condições de contorno que lhes foram atribuídas, encontram-se ilustrados nas Figuras 16 a 20, respectivamente.

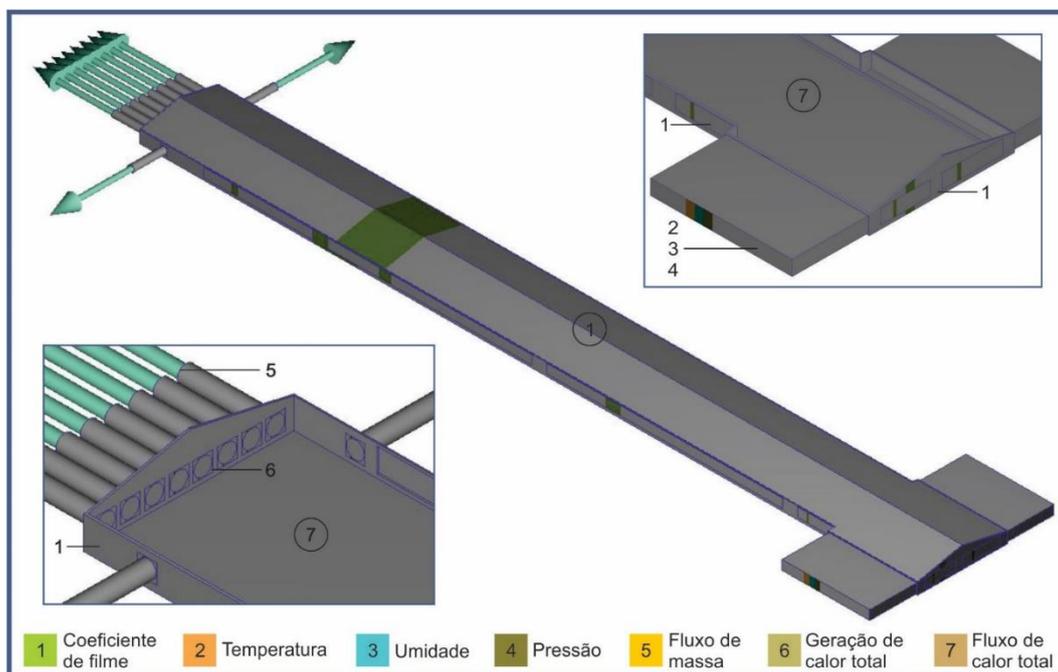


Figura 16. Modelo CFD para TiFisA com condições de contorno.

Em TiFh, desconsiderou-se o volume do ático e houve redimensionamento do sistema de ventilação em função do menor volume de ar interno a ser climatizado, quando comparado com TiFiA

³ O Autodesk CFD 2016 não fornece o RMS diretamente, mas ele pode ser monitorado através dos valores residuais de saída (Resid Out) e de entrada (Resid In). O valor de RMS é dado pela divisão de Resid Out por Resid In.

e TiFisA. Dessa forma, para o modelo de TiFh, o número de exaustores foi igual a oito e a área total dos painéis evaporativos igual a 36,72 m². O volume total final do modelo TiFisA foi de 8.056,60 m³, igual ao de TiFiA, enquanto o de TiFh foi de 6.076,70 m³.

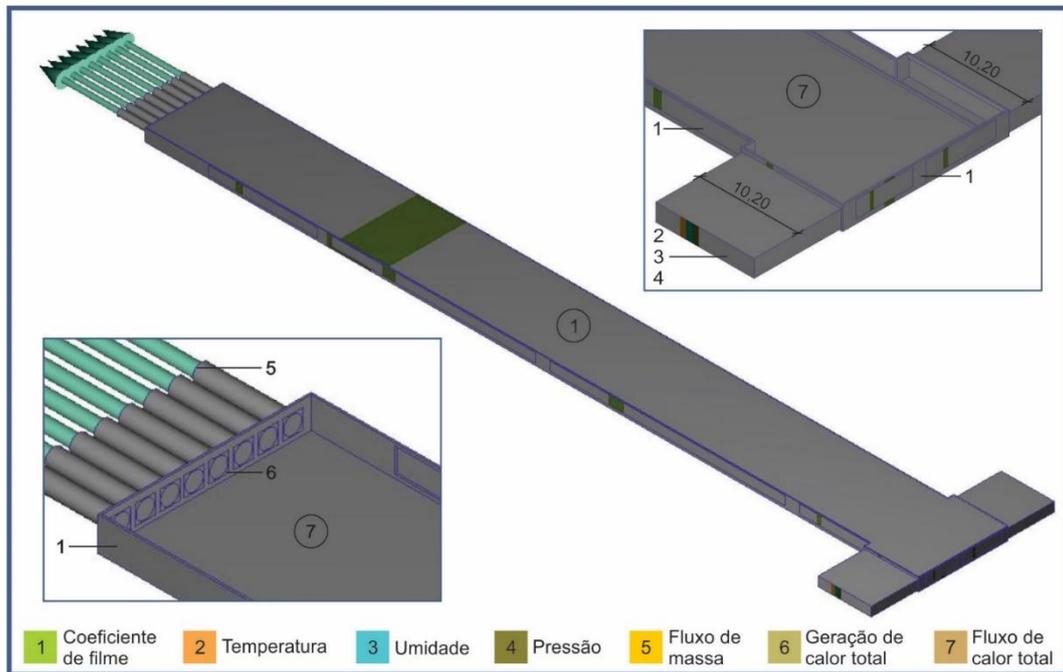


Figura 17. Modelo CFD para TiFh com condições de contorno.

A malha gerada para TiFisA foi composta de 662.525 nós (579.077 em fluidos e 83.449 em sólidos), 2.435.818 elementos (2.050.305 em fluidos e 385.513 em sólidos) com relação de aspecto nodal máximo de 19,84. O cálculo da solução necessitou de 909 iterações para atingir a convergência.

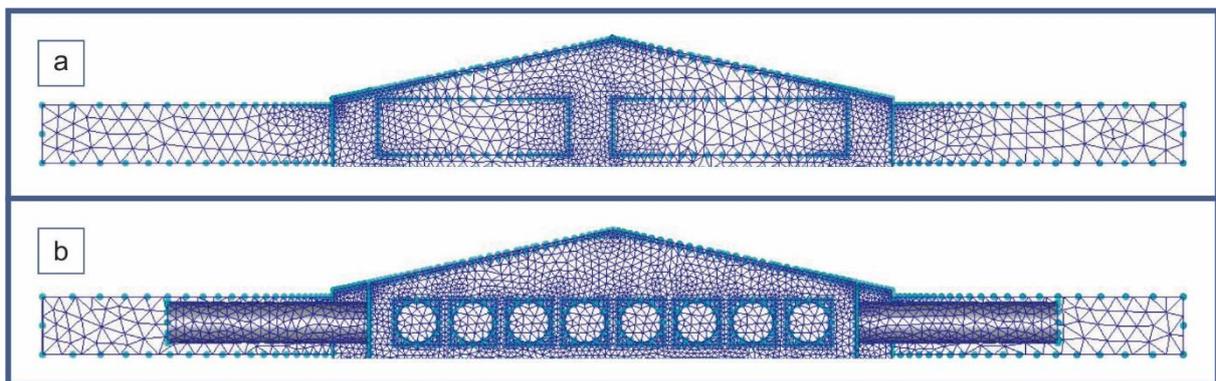


Figura 18. Distribuição da malha final para TiFisA nas faces Leste (a) e Oeste(b).

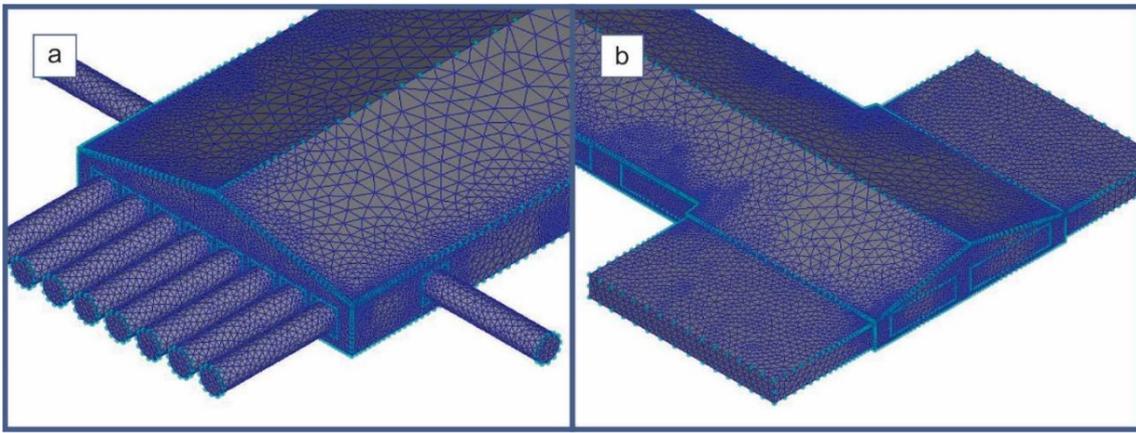


Figura 19. Detalhes da distribuição externa da malha para TiFisA nas saídas (a) e entradas de ar (b).

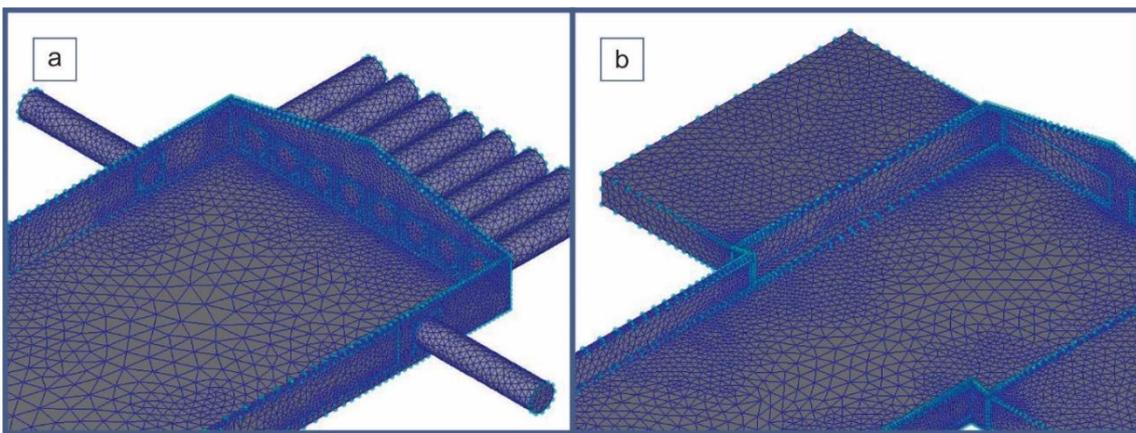


Figura 20. Detalhes da distribuição interna da malha para TiFisA nas saídas (a) e entradas de ar (b).

A malha de elementos finitos para TiFh, ilustrada pelas Figuras 21 a 23, foi composta de 677.283 nós (595.415 em fluidos e 81.868 em sólidos), 2.439.327 elementos (2.050.678 em fluidos e 388.649 em sólidos) com relação de aspecto nodal máxima de 10,65. No modelo CFD para TiFh, foram necessárias 1.469 iterações para atingir a convergência.

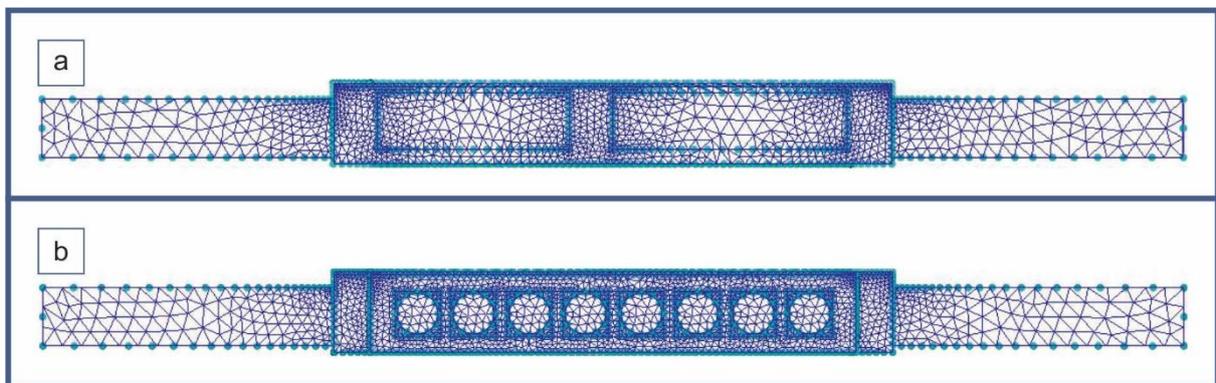


Figura 21. Distribuição da malha final para TiFh nas faces Leste (a) e Oeste(b).

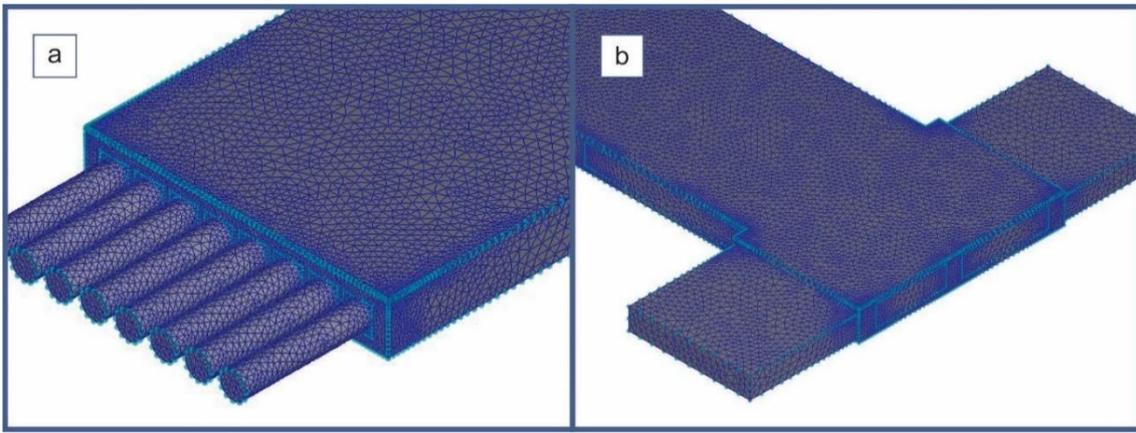


Figura 22. Detalhes da distribuição externa da malha para TiFh nas saídas (a) e entradas de ar (b).

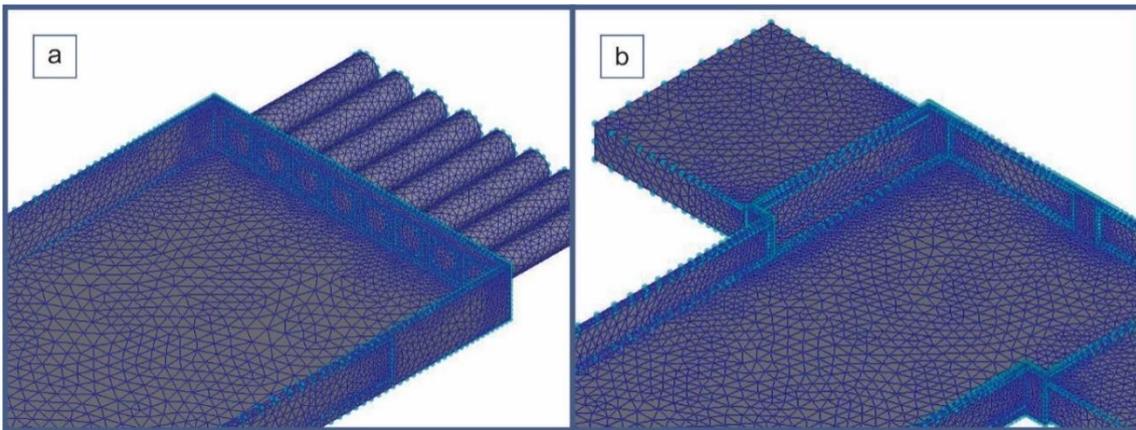


Figura 23. Detalhes da distribuição interna da malha para TiFh nas saídas (a) e entradas de ar (b).

É possível notar que quanto maior o volume e complexidade do modelo, maior o número de nós e de elementos; a mesma relação inexistente quando se compara a quantidade de iterações necessária para a convergência da simulação. De posse dos resultados das simulações procedeu-se à comparação, entre o desempenho térmico das diferentes cobertas por meio da análise da temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento no interior dos ambientes simulados.

A distribuição da temperatura do ar em TiFiA, TiFisA e TiFh, simuladas à 0,30 m de distância da cama e nos cortes transversais gerados no alinhamento das cortinas de 1 a 5, está representada por cores nas Figuras 24 e 25.

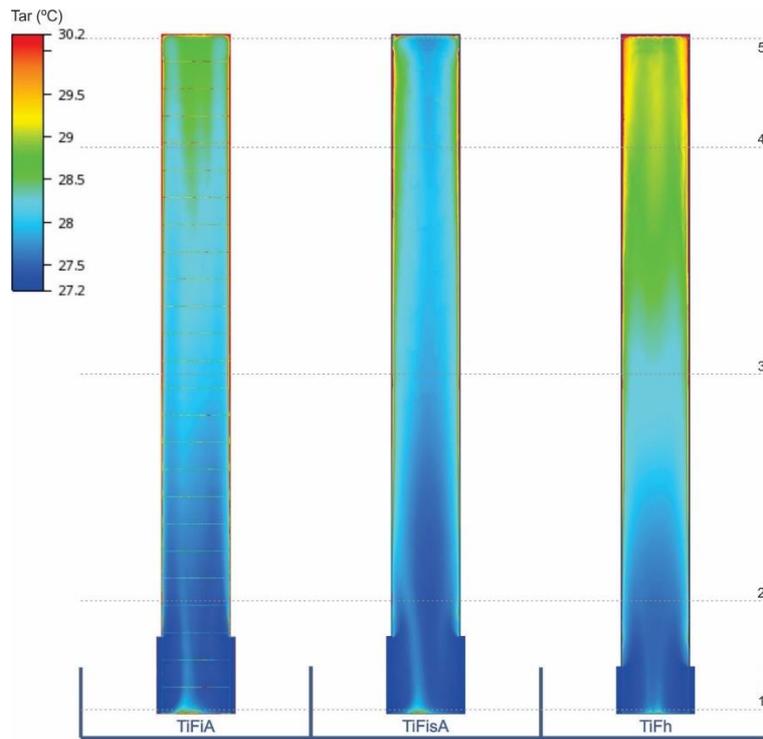


Figura 24. Simulação da temperatura do ar a 0,30 m para TiFiA, TiFisA e TiFh.

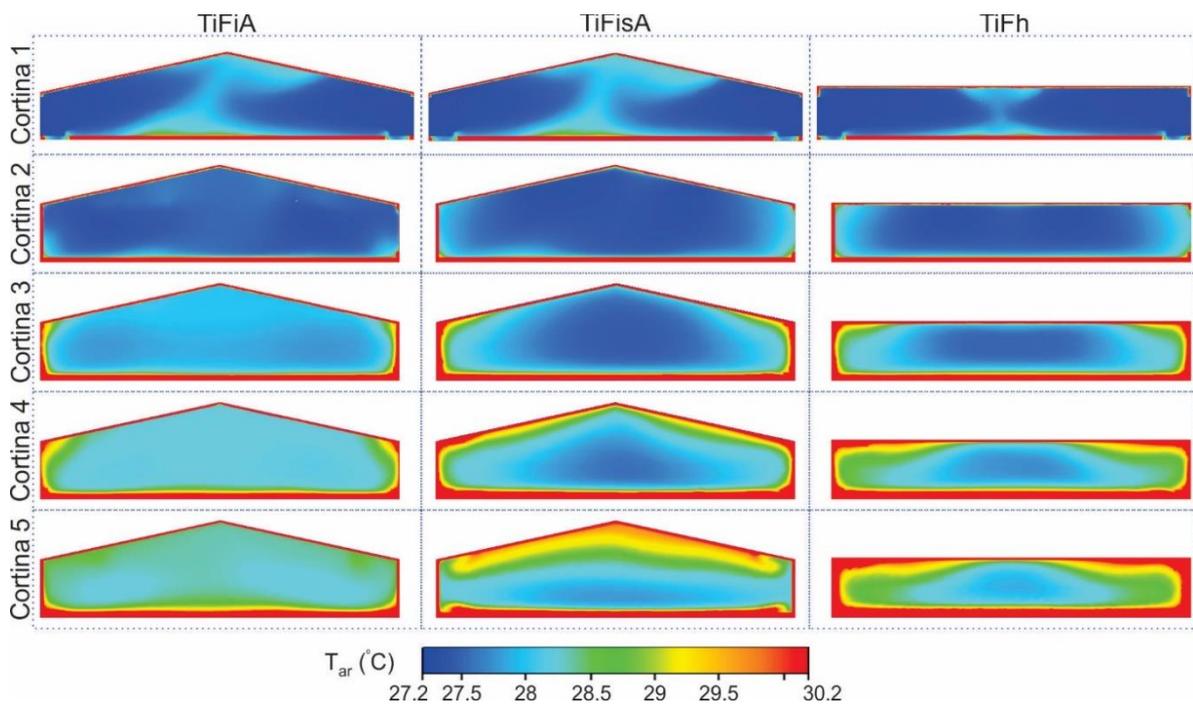


Figura 25. Simulação da temperatura do ar, por cortina, para TiFiA, TiFisA e TiFh.

Enquanto em TiFisA ocorre a separação entre o ar quente e frio, em TiFiA o ar parece completamente misturado, isto concorreu para a majoração da temperatura do ar, nas camadas mais baixas, ao longo das Cortinas 4 e 5. Quanto ao forro inclinado, pode-se afirmar que seu uso favoreceu o acúmulo setorizado do ar quente próximo à cumeeira, promovendo a redução da T_{ar} ao nível das aves.

A distribuição da umidade relativa do ar em TiFiA, TiFisA e TiFh, simuladas à 0,30 m de distância da cama e nos cortes transversais gerados no alinhamento das cortinas de 1 a 5, está representada por cores nas Figuras 26 e 27.

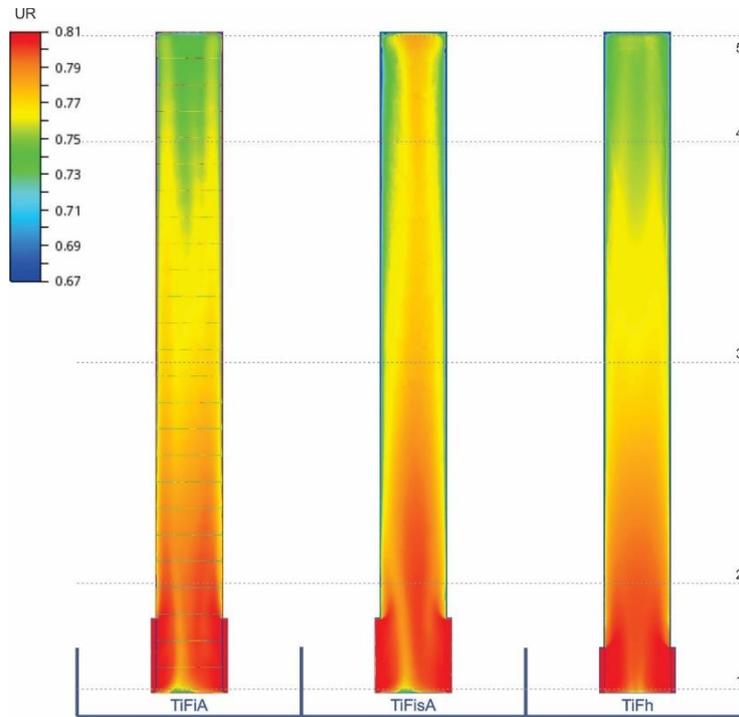


Figura 26. Simulação da umidade relativa do ar a 0,30 m para TiFiA, TiFisA e TiFh.

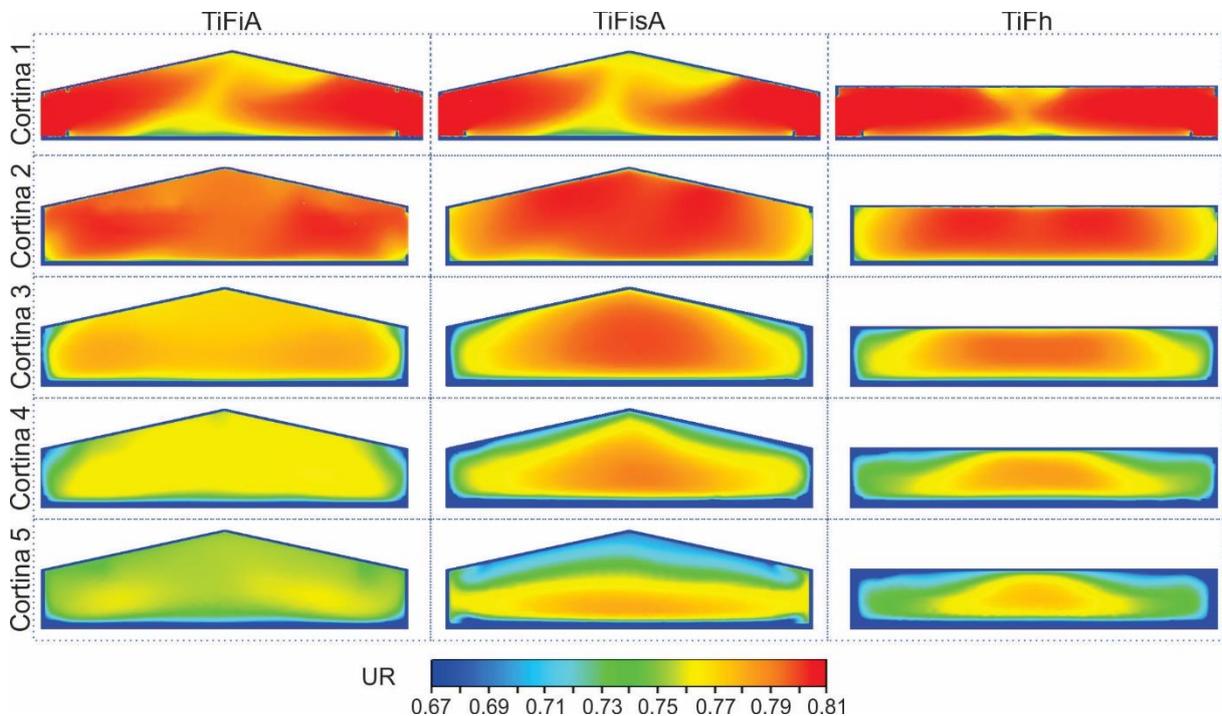


Figura 27. Simulação da umidade relativa do ar, por cortina, para TiFiA, TiFisA e TiFh.

Da análise concomitante das seções horizontais e transversais geradas no software CFD e das tabelas das médias para T_{ar} e UR, é fácil relacionar a menor umidade relativa em TiFh às suas mais

elevadas temperaturas do ar. Como padrão, percebe-se a minoração gradativa da saturação do ar à medida que há afastamento dos painéis evaporativos e aproximação dos exaustores, comportamento contrário ao exibido pela temperatura do ar no mesmo tratamento. De maneira semelhante, ocorre a diminuição dos valores de UR na zona de convergência do fluxo de ar, como pode ser visto nos cortes referentes à Cortina 1, e nas proximidades dos fechamentos verticais (cortinas e paredes) e horizontais (frangos e telhado), evidenciada nos cortes para as Cortinas de 3 a 5; nestes trechos, a temperatura do ar apresentou seus valores mais elevados.

O padrão do escoamento quanto ao vento, para os diferentes cenários, está representado graficamente por meio de cores e vetores nas Figuras 27 e 28. Na primeira, constam os resultados simulados a partir de uma seção horizontal gerada a 0,30 m da cama de frango; na segunda, aqueles resultantes em cinco seções transversais alinhadas às cortinas.

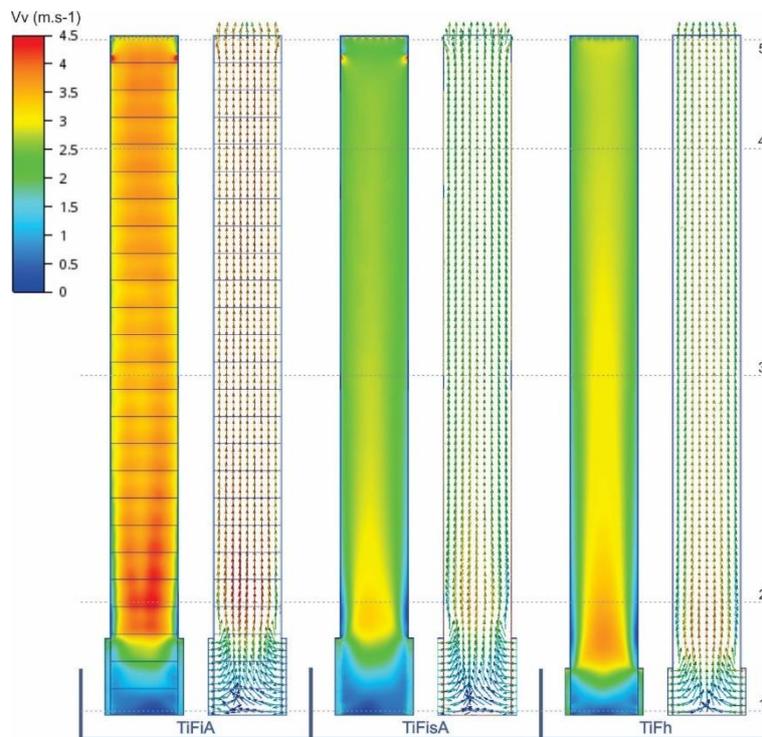


Figura 27. Simulação da velocidade do vento a 0,30 m para TiFiA, TiFisA e TiFh.

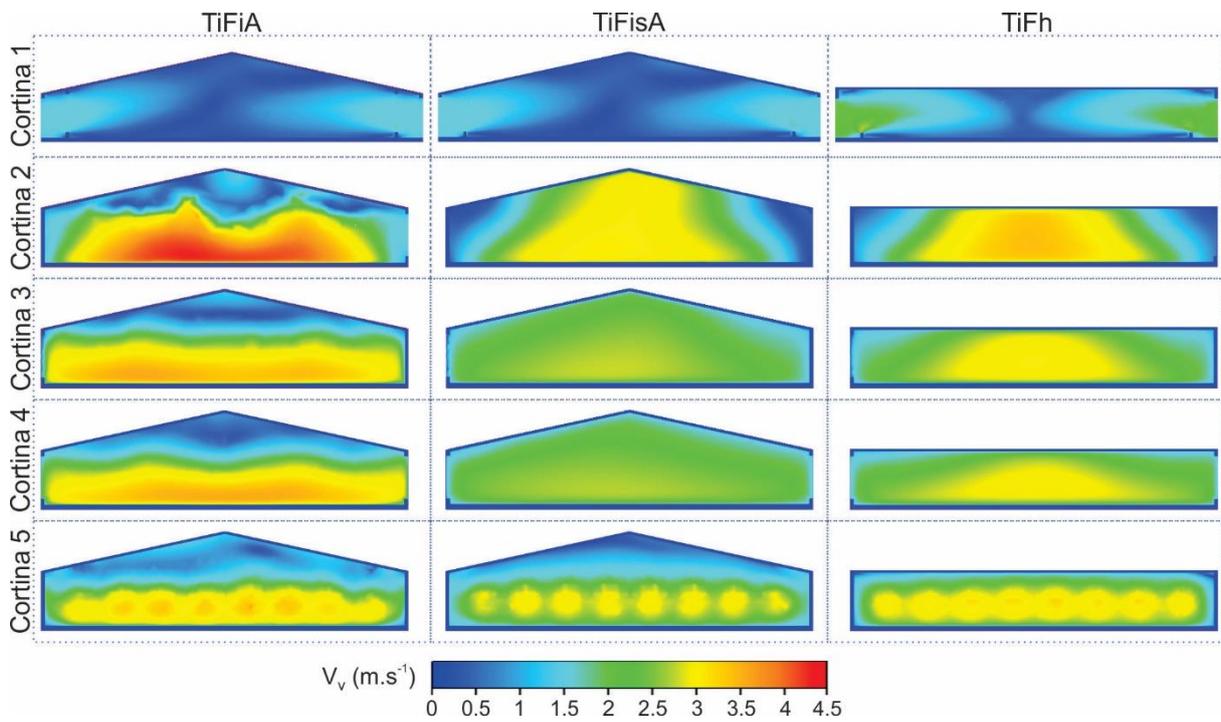


Figura 28. Simulação da velocidade do vento, por cortina, para TiFiA, TiFisA e TiFh.

Pode-se identificar em todos os tratamentos, a partir da observação da Figura 27, que zonas com baixa troca de ar, nas quais a velocidade do vento se aproximou de 0,0 m/s, foram registradas no trecho correspondente à Cortina 1 e nas laterais do galpão, nas proximidades da porta de acesso à circulação dos painéis evaporativos. Entretanto, em TiFiA, é possível notar a ocorrência de “zonas mortas” próximas à cumeeira em todo o galpão; em TiFisA isto também acontece, mas apenas no trecho final do galpão, bem próximo à parede Oeste.

Os valores máximos de V_v , nos três tratamentos, ocorreram na zona de convergência do fluxo de ar, próximo à Cortina 2, extrapolando o limite superior da faixa recomendada para conforto de aves em fase de terminação. Em resumo, os tratamentos considerados mais eficientes tomando-se como parâmetros isolados os padrões de distribuições das variáveis e o índice térmico foram: TiFisA para T_{ar} e V_v ; TiFh para UR; e TiFiA para ITUV. Em regiões de clima predominantemente quente, a temperatura do ar no interior dos galpões tende a extrapolar os limites de conforto e, nesses casos, a medida corretiva mais recomendada para se alcançar níveis de ITUV compatíveis com o bem-estar de frangos adultos é a manipulação dos valores de umidade relativa. Dessa forma, selecionou-se o tratamento TiFisA como o mais eficiente dentre os arranjos de cobertura testados, visto seu melhor desempenho quanto à distribuição da temperatura do ar.

Conclusão

O modelo CFD baseado no protótipo (TiFisA) foi validado, em função da semelhança entre os dados oriundos das medições diretas e aqueles resultantes das simulações. Os resultados finais indicaram: a) variações das T_{ar} medidas no galpão de $27,75 \pm 1,35^\circ\text{C}$ e simuladas de $27,85 \pm 0,55^\circ\text{C}$; b)

variações das UR medidas no galpão $83\% \pm 12\%$ e simuladas de $78\% \pm 3\%$; e c) variações das V_v medidas no galpão de $2,35 \pm 1,35$ m/s e simuladas de $2,50 \pm 1,50$ m/s.

Das simulações para os tratamentos com diferentes arranjos de cobertura, concluiu-se que: a) a presença das aletas do modelo TiFiA contribuiu para o aumento da T_{ar} e da V_v , em ambos os casos, ocasionado pela turbulência gerada nas camadas mais próximas ao forro; b) a utilização de forro horizontal em TiFh colaborou para o aumento da temperatura interna ao nível das aves, e c) TiFisA mostrou ser o tratamento mais adequado ao conforto das aves em função do padrão de distribuição da T_{ar} e da V_v ; no primeiro caso, pela segregação entre o ar quente e frio, o que proporcionou a minoração da T_{ar} nas camadas mais baixas da edificação e no segundo, pela uniformidade de V_v nas zonas intermediárias (Cortinas 3 e 4) e mais à Oeste (Cortina 5) do galpão.

Referências

- AUTODESK CFD. 2016. Help. Disponível em: <http://help.autodesk.com/view/SCDSE/2016/ENU/>. Acesso em: 16 dez 2016.
- BIANCHI, M. V. A. A presença da ciência da construção em galpões de frangos de corte. *Avicultura Industrial*, v.1231, n.3, p.30-39, 2014.
- BLANES-VIDAL, V.; GUIJARRO, E.; BALASCH, S.; TORRES, A. G. Application of computational fluid dynamics to the prediction of airflow in a mechanically ventilated commercial poultry building. *Biosystems Engineering*, v.100, n.1, p.105-116, 2008.
- BUSTAMANTE, E.; GARCÍA-DIEGO, F.; CALVET, S.; ESTELLÉS, F.; BELTRÁN, P.; HOSPITALER, A.; TORRES, A. G. Exploring ventilation efficiency in poultry buildings: the validation of computational fluid dynamics (CFD) in a cross mechanically ventilated broiler farm. *Energies*, n.6, p.2605-2623, 2013.
- CARVALHO-CURI, T. M. R.; MOURA, D. J. Ambiência de precisão na avicultura de corte: sua importância e ferramentas. *Avicultura Industrial*, v.1231, n.3, p.40-49, 2014.
- CUNHA, G. C. A. Modelagem computacional da distribuição de variáveis ambientais em aviário ventilado à pressão negativa. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Campina Grande: UFCG, 2017. 116p.
- CURTIS, S. E. *Environmental management in animal agriculture*. Iowa: The Iowa State University Press – Ames, 1983. 409p.
- GUERRA-GALDO, E. H.; SANZ, S. C.; BARBER, F. E.; LÓPEZ-JIMÉNEZ, P. A. CFD model for ventilation assessment in poultry houses with different distribution of windows. *Energy and Environment*, v.6, n.5, p.411-424, 2015.
- HERNÁNDEZ, R. O.; TINÔCO, I. de F. F.; SARAZ, J. A. O.; ROCHA, K. S. O.; GARCIA, L. M. G. Modelamiento del ambiente térmico y aéreo de un galpón de presión negativa tipo túnel para pollitos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, v.66, n.2, p.7085-7093, 2013.
- LEE, I. B.; SHORT, T. H. Two-dimensional numerical simulation of natural ventilation in a multi-span greenhouse. *Transactions of the ASAE*, v.43, n.3, p.745-753, 2009.

- LIMA, R. V. dos S. Modos projetuais de simulação: uso das ferramentas de simulação térmica no processo projetual de arquitetura. 256p. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2012.
- NORTON, T.; GRANT, J.; FALLON, R.; SUN, D. W. A computational fluid dynamics study of air mixing in a naturally ventilated livestock building with different porous eave opening conditions. *Biosystems Engineering*, v.106, p.125-137, 2010.
- NORTON, T.; GRANT, J.; FALLON, R.; SUN, D. W. Assessing the ventilation effectiveness of naturally ventilated livestock buildings under wind dominated conditions using computational fluid dynamics. *Biosystems Engineering*, v.103, p.78-99, 2009.
- SARAZ, J. A. O.; MARTINS, M. A.; MARÍN, O. L. Z.; DAMASCENO, F. A.; VELASQUEZ, H. J. C. Una Revisión acerca de la dinamica de fluidos computacionales (CFD) en instalaciones avícolas. *Dyna*, v.79, n.175, p.142-149, 2012.
- SIMMONS, J. D.; LOTT, B. D.; MILES, D. M. The effects of high-air velocity on broiler performance. *Poultry Science*, n.82, p.232-234, 2003.
- TINÔCO, I. F. F. Produção de frango de corte em alta densidade. Viçosa: UFV- Centro de Produções Técnicas, 2009. 256p.
- TINÔCO, I. F. F.; SARAZ, J. A. O.; PAULA, M. O.; PEIXOTO, R. A. F. Elaboración y evaluation de placas prefabricadas de concreto aligerado con argilla expandida para uso como coberturas de estructuras pecuarias. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, v.63, p.5465-5744, 2010.
- XUE, H.; QIANG, Z.; Ni, J.; BAOMING, L.; ZHENGXIANG, S.; SHUMEI, Z.; YU, W. Effect of cooling pad installation on indoor airflow distribution in a tunnel-ventilated laying-hen house. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, v.9, n.4, p.169-177, 2016.



Capítulo III

DESEMPENHO TÉRMICO DE AVIÁRIO VIA MODELAGEM COMPUTACIONAL

*Indira Cristiane Moreira Gonçalves
Silvia Helena Nogueira Turco
José Pinheiro Lopes Neto
Dermeval Araújo Furtado
José Wallace Barbosa do Nascimento*

Introdução

No agronegócio brasileiro, a avicultura é uma atividade que vem se destacando por possuir uma cadeia produtiva bem estruturada, com elevada inserção de tecnologia, sendo um dos responsáveis pelo Brasil vir se sobressaindo entre os maiores produtores do mundo. Isso só é possível pelo investimento em equipamentos e no bem-estar dos animais, melhoramento do potencial genético, do aproveitamento nutricional, além da exigência, principalmente do mercado externo, da ética e transparência durante todo o processo de produção, incluindo nos métodos de criação e manejo dos animais.

Para desempenhar o seu máximo potencial produtivo as aves precisam estar alojadas em instalações que proporcionem conforto térmico, principalmente no que tange temperatura e umidade relativa do ar. Desta forma, para minimizar as condições climáticas que podem ser desfavoráveis a depender da região e época do ano e, conseqüentemente, aumentar a produção e produtividade destas, é importante construir e adequar as instalações ao clima local, de tal forma que as mesmas permitam a manutenção da temperatura e umidade relativa, em limites que proporcionem um ambiente ideal no interior do aviário e às exigências das aves, sem aumento dos custos de produção.

As aves são animais homeotermos, ou seja, possuem habilidades para manter a temperatura do corpo aproximadamente constante, por meio de um sistema termorregulador. O sistema de termorregulação controla os processos de aumento e dissipação das taxas de calor, mediante as variações ocorridas no ambiente externo, para que seus órgãos vitais possam funcionar normalmente. Logo, as aves estão continuamente em troca térmica com o ambiente (BAÊTA & SOUZA, 2010).

Segundo Silva et al. (2012), o processo da manutenção da homeotermia, somente é eficiente quando a temperatura ambiental estiver dentro dos limites da termoneutralidade, sendo que as aves não se ajustam, perfeitamente, em extremos de temperatura, podendo, inclusive, ter a vida ameaçada. Para Albino et al. (2014), uma das grandes preocupações com as elevações da temperatura na avicultura está relacionado com a dificuldade de as aves trocarem calor, uma vez que, em geral, não dispõem de glândulas sudoríparas, e apresentam o corpo recoberto por penas, tendo o propósito de tentar manter sua temperatura corporal em equilíbrio.

Para auxiliar no controle do microclima no interior das instalações e tentar proporcionar condições de conforto térmico, a ventilação é considerada um meio eficiente, pois aumenta as trocas de calor por convecção, promove a eliminação do excesso de umidade do ambiente e da cama, proveniente da água liberada pela respiração das aves e através dos dejetos, para permitir a renovação do ar regulando o nível de oxigênio necessário às aves, eliminando gás carbônico e gases de fermentação dentro das instalações avícolas (ABREU & ABREU, 2000). Sendo assim, de acordo com Menegali (2010), a velocidade do vento deve variar entre 2,29 e 2,41 m/s para aves adultas. Já para Medeiros et al. (2005) a velocidade do ar recomendada é de 1,5 m/s para frangos adultos.

A ventilação adequada dentro de uma instalação deve permitir a renovação do ar contaminado, favorecer a entrada de ar puro e reduzir o excesso de calor existente. O movimento de ar também,

sobre a superfície corporal das aves, facilita a perda de calor do animal para o ambiente por processos convectivos, sendo este, o processo de maior eficiência quando se trata de condições com altas temperaturas associadas a altas umidades relativas do ar (LOURENÇONI, 2017).

As instalações avícolas, em geral, são caracterizadas por suas grandes dimensões, o que pode, em determinados casos, inviabilizar a execução de experimentos devido ao grande tempo despendido, alto custo financeiro das adaptações e, também, pela dificuldade de instrumentação em busca de resultados confiáveis (CUNHA, 2014).

Desde que foram reconhecidas as diferenças entre os animais quanto à capacidade de enfrentar as variações climáticas do meio em que vivem, têm sido feitas tentativas para que se estabeleçam critérios de classificação dos diversos ambientes e combinações de fatores que proporcionem conforto térmico aos animais. Neste contexto, diversos índices do ambiente térmico têm sido desenvolvidos, englobando em um único parâmetro, o efeito conjunto dos elementos meteorológicos e do ambiente (ALMEIDA, 2011).

Um dos índices mais utilizados para avaliar o conforto térmico animal é o Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade, ITGU, desenvolvido por Buffington et al. (1981), para vacas leiteiras. Neste índice usa-se a temperatura de globo negro e a temperatura do ponto de orvalho.

Além do ITGU, a carga térmica radiante (CTR) é um índice bastante utilizado, sendo que o mesmo expressa a sensação térmica dos animais em relação ao ambiente. É um índice proposto por Esmay (1979), baseado na radiação total recebida por um corpo em relação ao espaço que o circunda. Essa definição não engloba a troca líquida de radiação entre o corpo e o seu meio circundante, mas inclui a radiação incidente no corpo (SOUZA et al., 2002).

Diante do exposto este trabalho teve como objetivo avaliar o microclima no interior de um galpão aviário destinado à criação de frangos de corte em duas estações, inverno e verão, bem como verificar o desempenho térmico desta mesma instalação utilizando o programa EnergyPlus™ como ferramenta para simulação computacional, fazendo modificações no tipo de telha.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em uma instalação destinada à criação de frangos de corte localizada no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano (IF Sertão), campus Petrolina Zona Rural, situado na PE 647, km 22, Projeto Senador Nilo Coelho N4. Este município encontra-se distante 721 Km da capital, está localizada a 09°09'S e 40°22'W, com altitude média de 365 m, apresenta clima tropical semiárido, tipo BshW, seco e quente, segundo a classificação climática de Köppen-Geiger. Os dados foram registrados nos meses de julho de 2019 (inverno), janeiro e fevereiro de 2020 (verão). Cada período experimental teve uma duração de 30 dias de coleta.

O galpão aviário em que o experimento foi conduzido possui as seguintes características construtivas: largura de 8,0 m; comprimento de 14,0 m, área total de 112 m², pé direito de 2,5 m, lanternim com 1,0 m de largura, beiral de 0,5 m nas fachadas norte e sul e 1,0 m na fachada leste. A

orientação da instalação é Leste-Oeste, onde a mesma possui piso concretado, cobertura com estrutura de madeira e telha cerâmica com inclinação de 25%. O aviário possui nas fachadas norte e sul muretas de 0,65 m e janelas com dimensões de 3,25 m de largura e 1,60 m de altura. Estas janelas são teladas. Na fachada sul, além de janelas, há também uma porta com largura de 1,0 m que dá acesso ao solário. Esta instalação está ilustrada pela Figura 1.



a. Fachada norte



b. Interior da instalação

Figura 1. Vista geral da instalação e estrutura da cobertura no interior do aviário.

Os elementos ambientais mensurados foram temperatura e umidade relativa do ar, velocidade do vento e temperatura de globo negro. Estes dados foram coletados através de uma estação meteorológica automática da Campbell (Figura 2) composta por sensores de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa do ar (%), e velocidade do vento (m/s). Já temperatura de globo negro ($^{\circ}\text{C}$) foi mensurada e registrada por meio de um datalogger HOBO.

Os equipamentos meteorológicos foram instalados na parte interna e externa do aviário, a uma altura de 1,50 m, onde permaneceram funcionando durante todo o período experimental, nas duas estações estudadas. Todos os sensores, exceto o de temperatura de globo negro, foram acoplados a um sistema automático de coleta de dados Micrologger CR1000, programado para efetuar leituras a cada 15 minutos e médias a cada hora, assim como o datalogger HOBO.



a. Interior do aviário



b. Exterior do aviário

Figura 2. Equipamento meteorológico montado na parte interna e externa do aviário.

Com os dados microclimáticos obtidos foram calculados os seguintes índices de conforto térmico: Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade - ITGU; Índice de Carga Térmica Radiante - CTR; e a variável termodinâmica Entalpia (H).

O Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU) foi determinado pela expressão proposta por Buffington et al. (1981).

$$ITGU = Tg + 0,36Tpo + 41,5 \quad \text{Eq. (1)}$$

Sendo: $ITGU$ = Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade; Tg = Temperatura de globo negro ($^{\circ}\text{C}$); Tpo = Temperatura do ponto de orvalho ($^{\circ}\text{C}$).

A Carga Térmica Radiante (CTR) indicada por Campos (1986) foi calculada pela equação de Stefan-Boltzmann, conforme proposto por (SOUZA, 2002).

$$CTR = \sigma(TRM)^4 \quad \text{Eq. (2)}$$

Sendo: CTR = Carga térmica radiante (W/m^2); σ = Constante de Stefan Boltzmann ($5,67 \times 10^{-8} \text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}^4$); TRM = Temperatura Radiante Média (K). Esta é a temperatura de uma circunvizinhança considerada uniformemente negra, de modo a eliminar o efeito de reflexão, com o qual um corpo (globo negro) troca energia de forma semelhante ao ambiente atual considerado (BOND & KELLY, 1955).

A TMR foi expressa pela Equação 3.

$$TMR = 100[2,51 * (V)^{0,5} * (Tg - Tbs) + \left(\frac{Tg}{100}\right)^4]^{1/4} \quad \text{Eq. (3)}$$

Sendo: V = Velocidade do ar (m/s); Tg = Temperatura de globo negro (K); Tbs = Temperatura de bulbo seco (K).

A Entalpia foi calculada pela equação proposta por Rodrigues et al. (2010) onde:

$$h = 1,006 \cdot t + \frac{UR}{PB} 10^{\left(\frac{7,5t}{273,3+t}\right)} \cdot (71,28 + 0,052t) \text{ Eq. (4)}$$

Sendo: h = Entalpia (kJ/kg ar seco); t = Temperatura do ar (°C); UR = Umidade Relativa do ar (%); PB = Pressão barométrica local (mmHg).

Após o diagnóstico microclimático do galpão avícola, objeto de estudo desta pesquisa, o mesmo foi modelado no OpenStudio® SketchUp Plug-in, extensão da ferramenta de modelagem SketchUp 3D da Trimble, que permite aos usuários criar rapidamente a geometria necessária para o EnergyPlus™. Todo o interior da instalação, por não possuir subdivisões, foi considerado como uma zona térmica, e ainda no OpenStudio® foram definidos todos os seus materiais construtivos considerando as superfícies externas, internas, piso e aberturas. Nesta etapa, foi necessário ter conhecimento das propriedades térmicas e físicas dos materiais construtivos, tais como, condutividade térmica (W/m.K), calor específico (kJ/kg.K), densidade de massa aparente (kg/m³), e espessura (m).

Inicialmente a simulação consistiu em modelar a instalação com suas características construtivas reais (Figura 3) e em seguida foram criados outros modelos modificando apenas o tipo de telha, considerando a inclinação recomendada para cada uma delas.

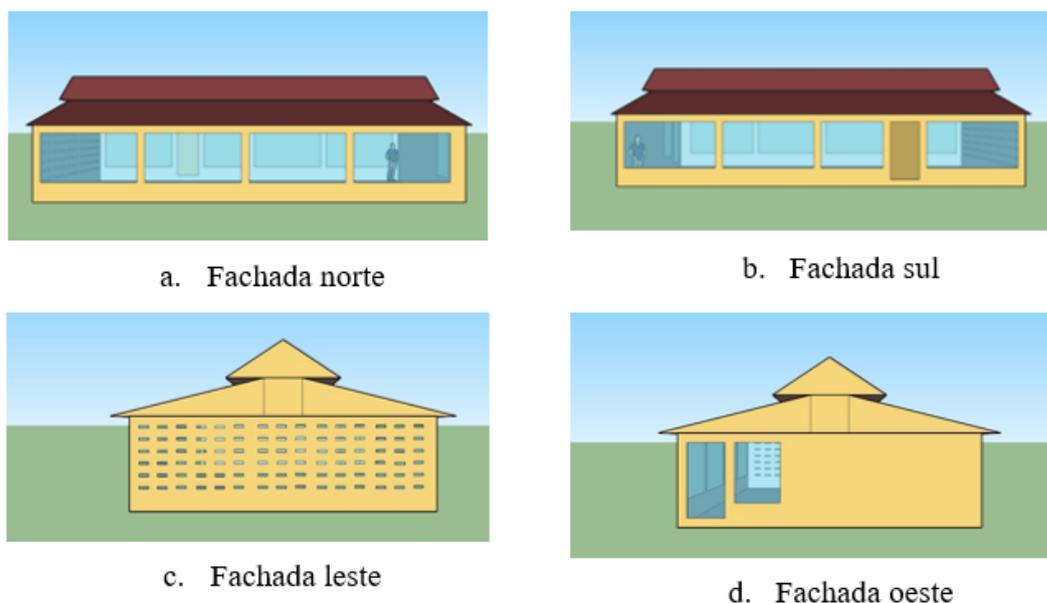


Figura 3. Modelo do aviário estudado com suas características reais.

As propriedades físicas e térmicas dos elementos construtivos que foram empregados na simulação estão descritas nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Propriedades físicas e térmicas dos materiais das paredes

Material	Características dos materiais
Tijolo cerâmico	Composição: Material cerâmico Espessura: 9,0 cm Condutividade Térmica: 1,05 W/m.K Massa específica: 2000 kg/m ³ Calor específico: 0,92 kJ/kg.K
	Fonte: NBR 15220 (ABNT, 2003)
Argamassa	Composição: Cimento, areia e água Espessura: 2,5 cm Condutividade Térmica: 1,15 W/m.K Massa específica: 2000 kg/m ³ Calor específico: 1,00 kJ/kg.K
	Fonte: NBR 15220 (ABNT, 2003)
Tela de Alumínio	Composição: Alumínio Espessura: 0,05 cm Condutividade Térmica: 230 W/m.K Massa específica: 2700 kg/m ³ Calor específico: 0,88 kJ/kg.K
	Fonte: NBR 15220 (ABNT, 2003)

Tabela 2. Propriedades físicas e térmicas das telhas analisadas

Tipos de telha	Características das telhas
Telha cerâmica	Composição: Material cerâmico Espessura: 2,0 cm Condutividade Térmica: 1,05 W/m.K Massa específica: 2000 kg/m ³ Calor específico: 0,92 kJ/kg.K Inclinação: 25%
	Fonte: NBR 15220 (ABNT, 2003)
Telha de fibrocimento	Composição: Cimento reforçado com fio sintético Espessura: 2,0 cm Condutividade Térmica: 0,95 W/m.K Massa específica: 1900 kg/m ³ Calor específico: 0,84 kJ/kg.K Inclinação: 15%
	Fonte: LabEEE (2011)

<p>Telha metálica</p>	<p>Composição: Aço galvanizado Espessura: 0,05 cm Condutividade Térmica: 55 W/m.K Massa específica: 7800 kg/m³ Calor específico: 0,46 kJ/kg.K Inclinação: 15%</p> <hr/> <p>Fonte: NBR 15220 (ABNT, 2003); Dias (2011)</p>
<p>Telha termoacústica</p>	<p>Composição: Aço galvanizado + poliuretano + aço galvanizado Espessura: 2,0 cm Dados do poliuretano: Condutividade Térmica: 0,03 W/m.K Massa específica: 20 kg/m³ Calor específico: 0,16 kJ/kg.K Inclinação: 10%</p> <hr/> <p>Fonte: Dias (2011)</p>

Para avaliar o desempenho térmico do aviário, foram feitas simulações com diferentes tipos de telhas (cerâmica, fibrocimento, metálica e termoacústica). A simulação foi realizada com o galpão em condições vazias, ou seja, sem aparelho elétrico e sem ocupantes. Esta consideração foi utilizada para poder estimar a carga térmica devido ao desempenho de cada tipo de telha.

Os modelos foram inseridos no *EnergyPlus™* para a simulação do desempenho termoenergético para o clima de Petrolina - PE, do tipo tropical semiárido, seco e quente. Os arquivos climáticos, servidos como dados de entrada no *EnergyPlus™*, foram inseridos através da metodologia adotada pelo IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas).

Após modelar a instalação e fornecer todas as condicionantes, foi necessário fornecer os parâmetros climáticos, sendo que o programa possui um acervo de dados climáticos que incluem as condições ambientais. Esses dados estão disponíveis no site do *EnergyPlus™*.

Para avaliar o desempenho térmico do aviário com diferentes tipos de telhas, foram simulados os seguintes modelos:

Modelo 1: projeto real do aviário (telha cerâmica);

Modelo 2: aviário com telhas de fibrocimento;

Modelo 3: aviário com telhas metálicas;

Modelo 4: aviário com telhas termoacústicas.

A eficiência térmica dos modelos virtuais simulados foi analisada a partir do parâmetro carga térmica da edificação (kW/h).

As simulações foram estabelecidas para um dia típico de projeto, ou seja, o dia mais quente do ano. O arquivo climático foi inserido através da metodologia adotada pelo do IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas), descrito a seguir. A partir dele foi determinado o dia típico de verão, conforme sugerido por Siqueira et al. (2005) baseando-se numa série histórica dos dados climatológicos dos últimos dez anos.

Para determinação do dia típico de projeto, foi necessário analisar os dados históricos da estação da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), localizando no campus de Ciências Agrárias, em Petrolina-PE, compreendidos entre janeiro de 2008 a dezembro de 2019.

1ª Etapa: Inicialmente foi identificado, o mês mais quente do ano, utilizando-se as temperaturas máximas diárias para o período de verão.

Em seguida os dados correspondentes ao período de verão foram isolados. O período de verão é composto pelo mês mais quente e pelos meses que apresentarem, no máximo, uma diferença de $\alpha^{\circ}\text{C}$ para o mês mais quente, sendo o mês mais quente aquele que apresentar o maior valor para a média das temperaturas máximas diárias e o parâmetro é dado pela Equação 5.

$$\alpha = 0,10(Tbs_{m\acute{a}x} - Tbs_{m\acute{i}n}) \quad (\text{Eq. 5})$$

Em que, para o período de verão: $Tbs_{m\acute{a}x}$ - É a média das temperaturas máximas diárias do mês mais quente, em $^{\circ}\text{C}$; $Tbs_{m\acute{i}n}$ - É a média das temperaturas mínimas diárias do mês mais quente, em $^{\circ}\text{C}$.

Ao término da primeira etapa, constatou-se que os meses típicos de verão estavam no intervalo de novembro a março, sendo novembro o mês típico de verão. O maior valor obtido na série histórica dos últimos dez anos foi em novembro de 2015, alcançando $36,35^{\circ}\text{C}$ e sendo assim o valor de $Tbs_{m\acute{a}x}$.

Analisando a média das temperaturas mínimas, observou-se que seu menor valor foi $23,17^{\circ}\text{C}$, datado em novembro de 2012. Assim, o valor de alfa resultou em $1,32^{\circ}\text{C}$.

2ª Etapa: Após determinar o mês típico, passou-se para a segunda etapa, responsável por determinar os possíveis anos típicos. Para tanto, subtrai-se o alfa da temperatura de bulbo seco máxima mais elevada da série histórica, indicando assim os possíveis anos típicos.

Selecionou-se todos anos em que a média das temperaturas máximas de novembro estava entre 35°C ($Tbs_{m\acute{a}x} - \text{alfa}$) e $36,35^{\circ}\text{C}$ ($Tbs_{m\acute{a}x}$), constatando que os anos típicos foram 2008, 2015 e 2016.

3ª Etapa: A terceira etapa consiste em determinar a temperatura típica de verão e para isso determinam-se os valores das temperaturas máximas diárias ($Tbs_{m\acute{a}x}$) dos anos típicos. Tais valores são identificados por TV (temperatura de verão). Esses valores devem satisfazer o critério de que $Tbs_{m\acute{a}x}$ é maior ou igual a TV. Em seguida, extraem-se os dias com temperaturas dentro dos intervalos dados, pela Equação 6, conforme Siqueira et al. (2005).

$$Tbs_{m\acute{a}x} = (TV_{N\%}) \pm e \quad (\text{Eq.6})$$

Considera-se: $e = 0,5$ °C como o valor máximo. O valor de e define um intervalo em torno dos valores $Tbs_{máx}$ e $Tbs_{mín}$, que indica a precisão requerida para a análise.

Nesta etapa obteve-se que a temperatura típica de verão seria 35,82°C (TV), assim foram eliminados todos os dias cuja temperatura máxima fosse menor que TV, restringiu-se a quantidade de dias típicos.

4ª Etapa: Nesta etapa foram selecionadas as temperaturas máximas diárias cujo o valor estava compreendido entre $Tbs_{máx}$ e TV. Calculando-se a média desses dados, foi obtido o valor de 36,10°C.

5ª Etapa: Para estes os dias listados dentro dos intervalos encontrados, calculou-se a média das seguintes variáveis climáticas: Velocidade do Vento (VV) e Direção do Vento Predominante (DV).

Em seguida comparou-se a média diária à média geral, obtida na Etapa 4 (36,10°C). O dia que apresentou os valores mais próximos da média, foi o dia típico de projeto para o verão.

Os dias encontrados foram 2 e 16 de novembro de 2008. Descartou-se o dia 16, visto que em análise da radiação solar observou-se possível influência da nebulosidade.

Portanto, através do método do IPT, o dia 2 de novembro de 2008 foi considerado o dia típico de verão e os dados inseridos para o cálculo da carga térmica no *EnergyPlus™* foram: Temperatura de bulbo seco - 36,11°C; Velocidade do ar - 4,37 m/s; Direção predominante dos ventos - 84º; Amplitude térmica diária - 13,2°C.

Resultados e Discussão

Na Figura 4 pode-se observar os valores médios de temperatura do ar (TA), coletados nas partes interna (INT) e externa (EXT) do aviário, para os diferentes tratamentos, inverno e verão, nos diferentes turnos, Turno 1 - 1:00 às 6:00; Turno 2 - 7:00 às 12:00; Turno 3 - 13:00 às 18:00; e Turno 4 - 19:00 às 24:00.

As comparações das médias foram feitas apenas para as diferentes estações do ano (inverno e verão), para cada turno e área de coleta separadamente. Para todas as variáveis estudadas deve-se considerar que letras minúsculas representam as médias do ambiente interno e maiúsculas da área externa. Letras minúsculas e maiúsculas diferentes em cada turno diferem estatisticamente ($p < 0,05$) pelo teste de média de Tukey.

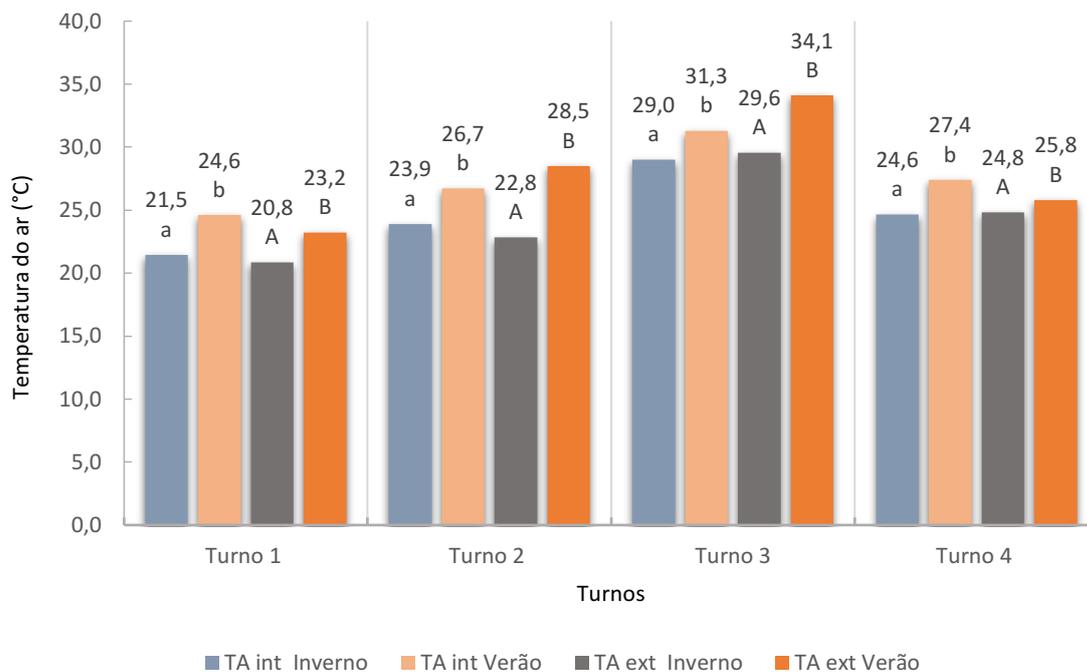


Figura 4. Temperatura do ar média no interior e exterior do aviário nos diferentes turnos, Turno 1 – 1:00 às 6:00; Turno 2 – 7:00 às 12:00; Turno 3 - 13:00 às 18:00; e Turno 4 – 19:00 às 24:00, ao longo dos períodos experimentais inverno e verão.

A análise estatística indicou que houve diferença significativa para os tratamentos estudados, inverno e verão, ($P < 0,05$) no que se refere aos dados de temperatura do ar (TA), em todos os turnos, tanto nos dados coletados no interior do aviário quanto no exterior, sendo que o teste de Tukey mostrou que as menores médias foram encontradas no tratamento inverno e as maiores no tratamento verão.

Ainda é possível verificar que, para os dois tratamentos, tanto na área externa quanto no interior do aviário, os valores médios horários da temperatura do ar, apresentaram variações semelhantes ao longo dos turnos, com os menores valores ocorrendo durante o turno 1 (1:00 às 6:00) e os maiores no turno 3 (13:00 às 18:00), sendo que, como citado anteriormente, para todos os turnos, os valores médios de temperatura do ar foram menores na estação de inverno, tanto na parte interna quanto na parte externa do aviário, devido aos menores índices de radiação solar característicos desta estação do ano.

A temperatura média no interior do aviário variou de 21,5°C (turno 1) a 29,0°C (turno 3) no inverno e de 24,6°C (turno 1) a 31,3°C (turno 3) no verão. Já na parte externa, a temperatura média variou de 20,8°C (turno 1) a 29,6°C (turno 3) no inverno e de 23,2°C (turno 1) a 34,1°C (turno 3) no verão. Nota-se que no interior da instalação, na estação de inverno, a amplitude térmica média para a temperatura do ar durante o dia foi de 7,5°C, e no verão esta amplitude foi de 6,7°C. Esta situação indica que possivelmente ao longo do dia, quando a instalação estiver ocupada, os animais confinados neste galpão necessitarão de maiores esforços fisiológicos para se adaptarem a uma acentuada

mudança de temperatura, em um curto espaço de tempo, conseqüentemente, a demanda energética para manutenção da homeotermia dessas aves será aumentada, o que pode desfavorecer a produção. Segundo Nääs et al. (2001), a maior amplitude térmica dentro do galpão pode trazer sérios prejuízos às aves.

Já na área externa do aviário, durante o inverno a amplitude térmica foi de 8,8°C e no verão foi de 10,9°C. Estes resultados indicam que as condições climáticas do ambiente externo estão exercendo grande influência no ambiente interno do galpão, devido ao fato da instalação possuir grandes aberturas (janelas teladas), mostrando a necessidade de investimentos em materiais, equipamentos e técnicas de manejo que promovam ao máximo o isolamento térmico do aviário, buscando aumentar as condições de conforto térmico das aves, e menor influência das condições climáticas externas sobre os animais.

De acordo com as recomendações de Cândido et al. (2016), Cassuce (2011) e Medeiros et al. (2005) a zona de conforto térmico (ZCT) para frangos de corte, no que tange a temperatura do ar, deve variar de 32 a 34°C na primeira semana de vida do animal; 28 a 32°C na segunda; 26 a 28°C na terceira; 24 a 26°C na quarta; e 18 a 24°C na quinta e sexta semana de vida dos animais. Ao analisar a Figura 1 é possível inferir que durante o inverno, a instalação apresentou valores que indicam a promoção do conforto térmico durante o primeiro, segundo e quarto turno do dia, para terceira, quarta, quinta e sexta semanas de vida do animal, sendo que neste período, para estas fases, o terceiro turno apresentou valores de temperatura do ar acima dos limites considerados confortáveis pelos autores citados anteriormente.

Ainda para o inverno, todos os turnos apresentaram valores abaixo da zona de conforto térmico para frangos de corte nas duas primeiras semanas de vida, indicando que a instalação, durante este período e para os animais destas fases, está proporcionando um ambiente de desconforto por frio. Nessas condições é importante a utilização de sistemas de aquecimento, círculos de proteção, bem como a utilização de cortinas nas janelas com o intuito de promover o isolamento térmico da instalação, diminuir a influência do microclima externo no interior do aviário e conseqüentemente deixar a instalação aquecida.

Estresse por frio no estágio inicial de criação também foi observado por Vigoderis et al. (2010), Menegali et al. (2013), Paula et al. (2014) e Coelho et al. (2019) que avaliaram o ambiente térmico de aviários durante a fase de aquecimento no período de inverno. Como descrito por esses autores, a temperatura do ar não atingiu as condições adequadas para as aves.

Os resultados médios da variável umidade relativa (UR), coletados na parte interna (INT) e externa (EXT) do aviário, para os diferentes tratamentos, inverno e verão, e turnos, Turno 1 – 1:00 às 6:00; Turno 2 – 7:00 às 12:00; Turno 3 - 13:00 às 18:00; e Turno 4 – 19:00 às 24:00, estão apresentados na Figura 5.

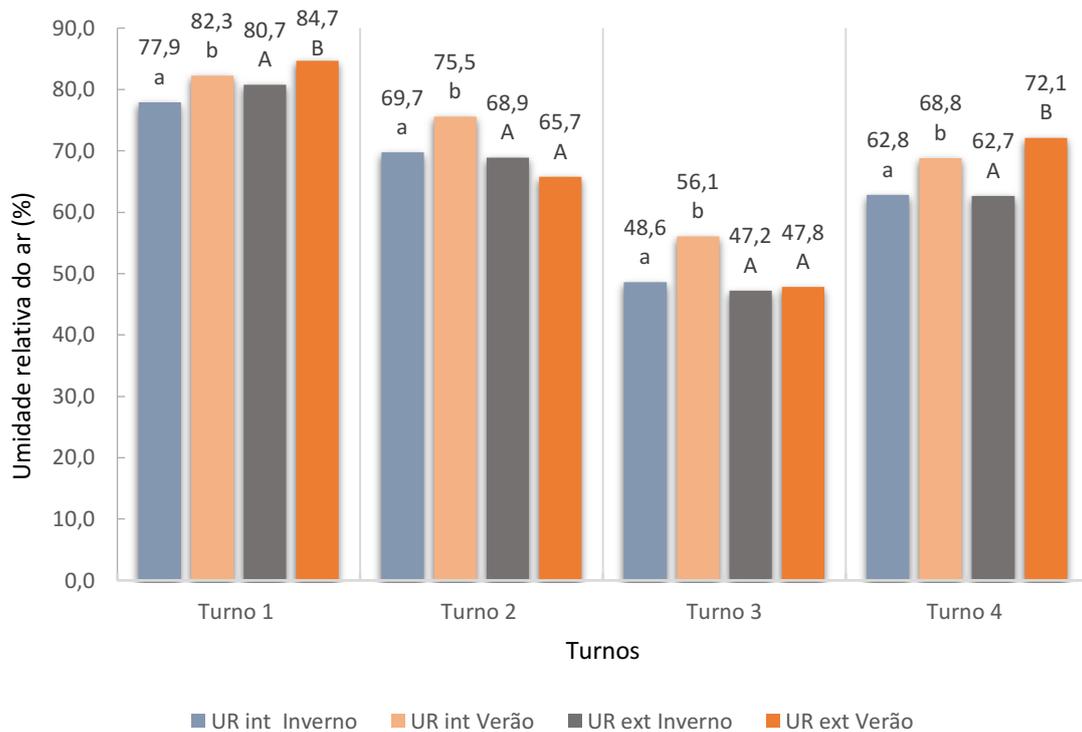


Figura 5. Umidade relativa do ar média no interior e exterior do aviário, nos diferentes turnos, Turno 1 – 1:00 às 6:00; Turno 2 – 7:00 às 12:00; Turno 3 - 13:00 às 18:00; e Turno 4 – 19:00 às 24:00, ao longo dos períodos experimentais inverno e verão.

A análise estatística indicou que houve diferença significativa para os diferentes tratamentos ($P < 0,05$) no que se refere aos dados de umidade relativa (UR) em todos os turnos para o interior do aviário. Quanto aos dados coletados no exterior do galpão, somente as médias nos turnos 1 e 4 apresentaram divergência ($P < 0,05$), o que não foi possível constatar nos turnos 2 e 3 ($P > 0,05$).

Na Figura 5 observa-se que o comportamento da UR no interior e exterior do galpão foi similar para os dois tratamentos e turnos, onde os valores máximos foram registrados no turno 1 e mínimos no turno 3. Percebe-se também que, durante o verão, nos turnos 2 e 3, que representam os horários mais quentes do dia, a umidade relativa no interior do aviário manteve-se maior que na área externa. Este resultado indica que a instalação, provavelmente por suas características construtivas, principalmente pelo fato de ser dotada de cobertura com telhas cerâmicas e piso cimentado, pela menor incidência direta de radiação solar no interior do galpão e pela baixa ventilação natural, conseguiu manter esse ambiente mais úmido durante este turno.

No interior do aviário, os valores médios de umidade relativa variaram entre 48,6 e 77,9 % no inverno e 56,1 e 82,3% no verão. Já na área externa, a variação foi de 47,2 a 80,7% no inverno e 47,8 a 84,7% no verão. O tratamento verão apresentou as maiores médias, ao comparar com o inverno, em todos os turnos no interior do aviário, e na área externa, para os turnos que apresentaram médias distintas, devido ao fato de que no presente ano essa estação caracterizou-se por apresentar um alto índice pluviométrico na cidade de Petrolina-PE e região.

Nota-se que ao longo do dia a variação da umidade relativa no interior e exterior do galpão ocorreu de forma similar, em ambos tratamentos, devido ao fato da instalação possuir janelas teladas, sem a presença de cortinas, condicionando uma maior influência do ambiente externo no interior do aviário. Em ambos tratamentos, os valores mais críticos foram encontrados durante o turno 3. Neste turno foram apresentados valores de umidade que podem ocasionar ambiente inadequado à criação animal, principalmente para frangos de corte a partir da quarta semana de vida, especialmente se associados a altas temperaturas do ar, situação encontrada nesta pesquisa. Ambientes com baixos valores de umidade relativa do ar associados a altos valores de temperatura podem promover estresse térmico aos animais.

Segundo Abreu e Abreu (2010), a umidade relativa considerada ideal para o confinamento de frangos de corte deve variar de 60 a 70%. Percebe-se então que o aviário estudado apresentou valores de umidade relativa dentro da faixa recomendada no tratamento inverno durante o turno 2, e em ambos tratamentos no turno 4. No turno 1, nas duas estações analisadas, e turno 2, no verão, a UR esteve acima do ideal para frangos de corte; já o turno 3, no inverno e verão, expressou valores de UR inferiores à recomendação de Abreu e Abreu (2010).

Estudos realizados por Oliveira et al. (2006) evidenciam os efeitos negativos da alta umidade sobre o consumo de ração em pintainhos de 1 a 21 dias de idade, pois com o aumento da umidade relativa do ar, o processo evaporativo de perda de calor é menos eficiente, levando a uma dificuldade para dissipação de calor pelas aves, as quais ficam mais dispersas e agitadas, prejudicando seu desempenho com base na pior conversão alimentar.

Os resultados médios da variável velocidade do vento (V.v.), coletados na parte interna (INT) e externa (EXT) do aviário, para os diferentes tratamentos, inverno e verão, e turnos, Turno 1 – 1:00 às 6:00; Turno 2 – 7:00 às 12:00; Turno 3 - 13:00 às 18:00; e Turno 4 – 19:00 às 24:00, estão apresentados na Figura 6.

A análise estatística indicou que houve diferença significativa para os tratamentos estudados, inverno e verão, ($P < 0,05$) no que se refere aos dados de velocidade do vento (V.v.), em todos os turnos, tanto nos dados coletados no interior do aviário quanto no exterior, sendo que o teste de Tukey mostrou que as menores médias foram encontradas no tratamento verão e as maiores no tratamento inverno.

Na Figura 6 percebe-se que nas duas estações a ventilação foi prejudicada, onde os maiores valores observados foram de $0,54 \text{ m.s}^{-1}$, no interior da instalação e $1,72 \text{ m.s}^{-1}$ na área externa, na estação de inverno durante o turno 3, sendo que estes valores apresentados se encontram abaixo dos recomendados por Menegali (2010), onde recomenda que a velocidade do vento deve variar entre $2,29$ e $2,41 \text{ m s}^{-1}$ para aves adultas.

Estes dados indicam que a ventilação natural no interior deste aviário não é o suficiente para contribuir com a promoção do conforto térmico das aves no que diz respeito ao controle da temperatura, que tem por objetivo aumentar as trocas térmicas por convecção, eliminar o excesso de

umidade do ambiente e da cama, proveniente da água liberada pela respiração das aves e através dos dejetos, e permitir a renovação do ar regulando o nível de oxigênio necessário às aves, eliminando gás carbônico e gases de fermentação, como recomenda Abreu e Abreu (2000).

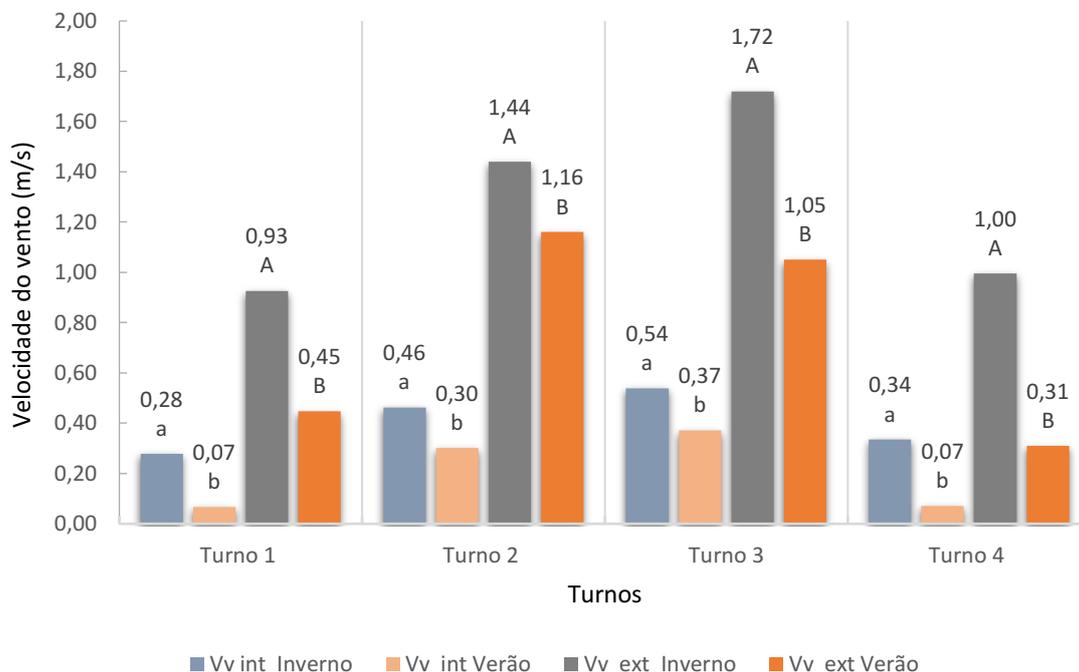


Figura 6. Velocidade do vento média no interior e exterior do aviário, nos diferentes turnos, Turno 1 – 1:00 às 6:00; Turno 2 – 7:00 às 12:00; Turno 3 - 13:00 às 18:00; e Turno 4 – 19:00 às 24:00, ao longo dos períodos experimentais inverno e verão.

Apesar da instalação apresentar lanternim e aberturas nas janelas, com a presença de telas, características construtivas recomendadas para aviários situados em locais de clima quente, a mureta desta instalação possui 0,65 m, valor elevado, que dificultou a entrada de ar no interior da instalação, o que prejudica a ventilação no nível das aves, quando a instalação estiver sendo ocupada. De acordo com as recomendações dadas por Tinôco (1998), a mureta deve ter a menor altura possível, aproximadamente 0,2 m, permitindo a entrada do ar no nível das aves, evitando a entrada de água de chuva e que a cama seja arremessada para fora do aviário.

A ventilação externa, tanto no inverno quanto no verão, também esteve abaixo dos valores recomendados por Menegali (2010). Isto provavelmente ocorreu devido a presença de plantas de porte alto e vegetação na fachada sul do aviário, o que funcionou como barreira de ventilação, minimizando o fluxo de ar neste local. Desta forma, evidencia-se a necessidade de utilização de ventilação mecânica para maximizar as condições de conforto térmico no interior do galpão, quando este estiver ocupado, principalmente para animais a partir da terceira semana de vida.

Os resultados médios do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) coletados na parte interna (INT) e externa (EXT) do galpão aviário, para os diferentes tratamentos, inverno e verão,

nos diferentes horários observados, Turno 1 – 1:00 às 6:00; Turno 2 – 7:00 às 12:00; Turno 3 - 13:00 às 18:00; e Turno 4 – 19:00 às 24:00, podem ser vistos na Figura 7.

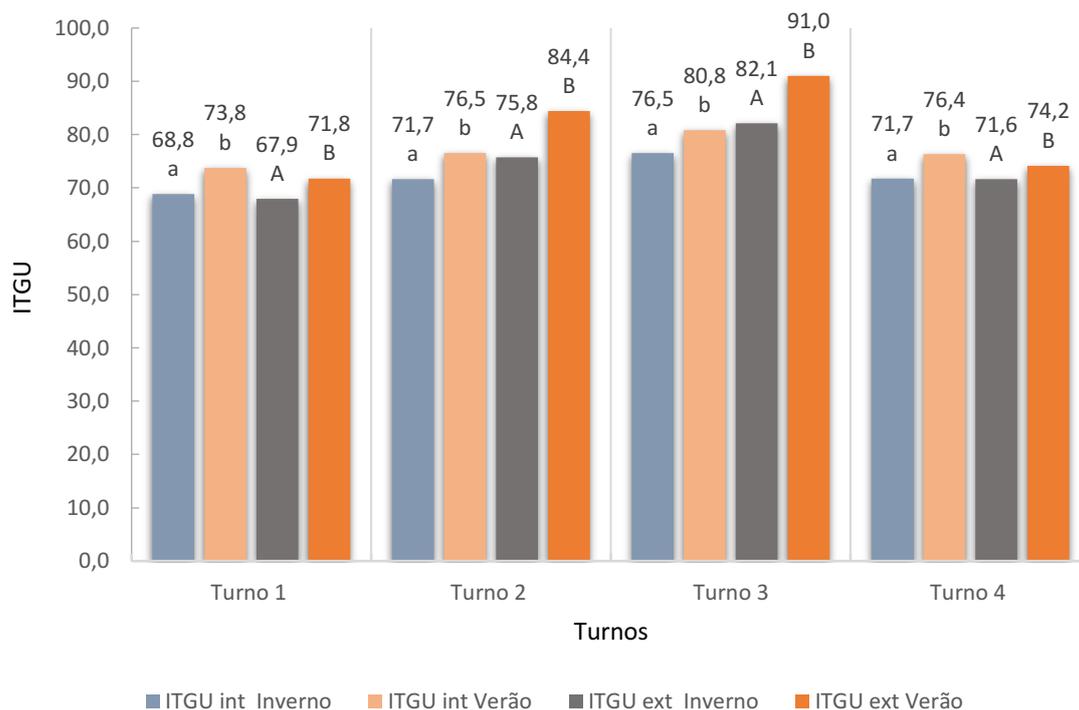


Figura 7. Índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) médio no interior e exterior do aviário, nos diferentes turnos, Turno 1 – 1:00 às 6:00; Turno 2 – 7:00 às 12:00; Turno 3 - 13:00 às 18:00; e Turno 4 – 19:00 às 24:00, ao longo dos períodos experimentais inverno e verão.

Por meio da análise estatística foi possível perceber que houve diferença significativa para os tratamentos estudados, inverno e verão, ($P < 0,05$) no que se refere aos dados relacionados ao índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), em todos os turnos, tanto nos dados coletados no interior do aviário quanto no exterior, sendo que o teste de Tukey mostrou que as menores médias foram encontradas no tratamento inverno e as maiores no tratamento verão.

Ao analisar a Figura 7 é possível notar que tanto na área interna quanto externa do aviário, os menores valores de ITGU foram observados durante o turno 1 e os maiores durante o turno 3, para os dois períodos experimentais. No inverno, o ITGU no interior da instalação variou de 68,8 a 76,5; e no verão esta variação foi de 73,8 a 80,8. Já na parte externa do galpão, durante o inverno, os valores de ITGU variaram de 67,9 a 82,1; e no verão de 71,8 a 91,0.

É possível perceber também que durante o verão, nos turnos 1 e 4, o ITGU na área interna da instalação foi superior aos resultados obtidos na área externa. Este comportamento também foi observado ao avaliar a temperatura do ar, e provavelmente está relacionado com a capacidade da instalação de manter as suas condições térmicas por mais tempo, ocasionando menores variações ao longo dos turnos, em comparação ao que ocorre na área externa. As características físicas e térmicas dos materiais construtivos estão diretamente relacionadas a estes resultados, pois estes apresentam

grande capacidade de acumular calor e maior atraso térmico, reduzindo assim as variações térmicas no interior da instalação, o que contribui para um aumento na sua promoção de conforto térmico.

Quanto à zona de conforto térmico de frangos de corte, Cândido et al. (2016), analisando o desempenho zootécnico de animais criados de 1 a 21 dias em câmaras climáticas, sugerem de acordo com os resultados de sua pesquisa, que as faixas de ITGU de conforto térmico são entre 75,8 a 79,7 para a primeira semana, 71,9 a 74,4 na segunda semana e a partir da terceira semana entre 68,7 e 71,7.

Tomando estes valores como referência e analisando os resultados exibidos na Figura 8, pode-se inferir que para frangos de corte na primeira semana de vida, durante o inverno, no interior do aviário apenas o turno 3 apresentou valores de ITGU que sugerem situação de conforto térmico, sendo que nos demais turnos, o ITGU esteve abaixo da faixa recomendada para estes animais e no verão, os turnos 2 e 4 apresentaram condições de conforto, o turno 1 estresse por frio e o turno 3 estresse por calor.

Considerando ainda a faixa de conforto recomendada por Cândido et al. (2016) para frangos de corte na segunda semana, durante o inverno, o galpão apresentou valores de ITGU dentro da zona de conforto para estes animais nos turnos 2 e 4, onde o turno 1 apresentou situação de estresse por frio e o turno 3 estresse por calor. Durante o verão apenas no turno 1 foi considerado confortável, sendo que os demais turnos indicam condições de possível estresse por calor.

Para frangos de corte a partir de 3 semanas de vida, Cândido et al. (2016) indicam que um ambiente de criação confortável deve apresentar valores de ITGU entre 68,7 e 71,7 e, ao observar a Figura 7, nota-se que dentro do aviário, no inverno, os turnos 1, 2 e 4 apresentaram valores de ITGU dentro desta faixa, diferentemente do turno 3, que apresentou valores acima da faixa recomendada. No verão todos os turnos foram considerados estressantes por calor para os animais desta faixa etária.

Por meio da Figura 8 é possível visualizar os resultados médios da carga térmica radiante (CTR) coletados na parte interna (INT) e externa (EXT) do galpão aviário, para os diferentes tratamentos, inverno e verão, nos diferentes horários observados, Turno 1 - 1:00 às 6:00; Turno 2 - 7:00 às 12:00; Turno 3 - 13:00 às 18:00; e Turno 4 - 19:00 às 24:00.

A análise estatística constatou que em todos os turnos, tanto nos dados coletados no interior do aviário quanto no exterior, houve diferença significativa para os tratamentos inverno e verão, ($P < 0,05$) no que se refere aos dados relacionados à carga térmica radiante (CTR), sendo que o teste de Tukey mostrou que, em todos os turnos, as menores médias foram encontradas no tratamento inverno e as maiores no tratamento verão.

A Figura 8 evidencia, ao comparar os dados coletados no interior e exterior do aviário, como a cobertura é importante na promoção do conforto térmico aos animais, sendo eficiente em diminuir a carga térmica radiante sobre os mesmos. O aviário estudado é dotado de telhas cerâmicas, onde de acordo com Jacome et al. (2007), as telhas cerâmicas são as mais indicadas, visto que ao estudarem a influência do material de cobertura nos índices de conforto térmico para galinhas poedeiras

perceberam que o galpão com cobertura de telhas cerâmicas, apresentou nos horários mais quentes do dia, menor carga térmica e melhor conforto térmico para poedeiras, em comparação com o galpão com cobertura de telha de fibrocimento.

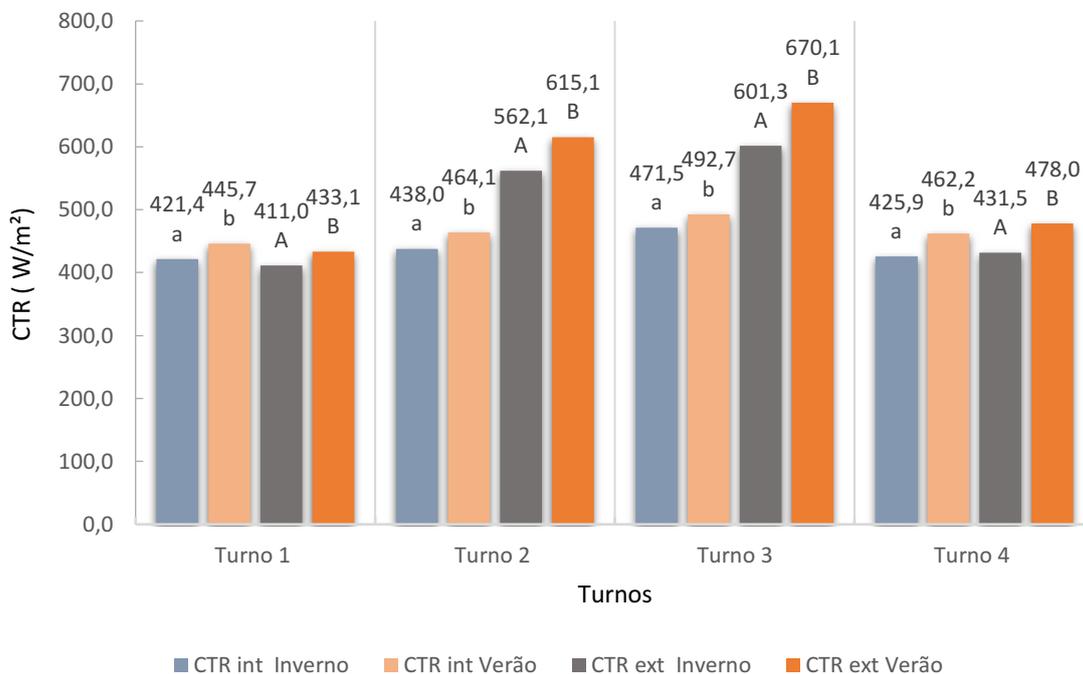


Figura 8. Carga térmica radiante (CTR) média no interior e exterior do aviário, nos diferentes turnos, Turno 1 – 1:00 às 6:00; Turno 2 – 7:00 às 12:00; Turno 3 - 13:00 às 18:00; e Turno 4 – 19:00 às 24:00, ao longo dos períodos experimentais inverno e verão.

No interior do aviário, nos dois tratamentos, o turno 1 apresentou os menores valores da CTR, variando de 421,4 W/m² no inverno a 445,7 W/m² no verão, e os maiores foram observados no turno 3, onde no inverno a CTR foi 471,5 W/m² e no verão este índice foi 492,7 W/m². De acordo com Baêta e Souza (2010), a carga térmica de radiação sugerida como adequada para frangos de corte é de 450 W/m². Utilizando este dado como referência, nota-se que tanto no inverno quanto no verão, a instalação promoveu condições de conforto e desconforto aos animais, a depender do turno analisado, sendo que, nas duas estações, o turno 3 foi o que apresentou as condições mais estressantes por calor.

Resultados semelhantes foram observados por Furtado et al. (2011) ao verificarem que a CTR foi mais elevada entre as 12 e 16 h, causando situação de desconforto térmico para os animais e influenciando no desempenho das aves.

Assim como foi observado nos resultados referentes ao ITGU, ao avaliar os resultados da CTR dos turnos 2 e 3, horários com maiores índices de radiação e por conseguinte, horários mais quentes do dia, a diferença entre a CTR encontrada no interior e exterior do galpão foi significativa, ao comparar com os outros turnos, sendo que no inverno esta variação foi de 124,1 W/m² (turno 2) e 129,8 W/m² (turno 3), e no verão 151,0 W/m² (turno 2) e 177,4 W/m² (turno 3). Ou seja, apesar da

instalação não estar fornecendo as condições de CTR consideradas ideais para o conforto térmico de frangos de corte nos turnos 2 e 3, a mesma se mostra eficiente em reduzir os níveis de carga térmica no seu interior, proporcionando um ambiente menos estressante que a área externa do aviário.

Este resultado positivo provavelmente está relacionado às características construtivas da instalação, como a sua orientação leste/oeste, pé direito de 2,5 m, presença de lanternim, bem como às características térmicas dos materiais construtivos da instalação, principalmente do material de cobertura, que no caso desta instalação é composta por telhas cerâmicas que segundo Michels et al. (2008), o bom desempenho destas telhas está relacionado à sua capacidade de absorver água e assim parte da radiação incidente durante o dia é gasta no processo de evaporação da água absorvida.

A utilização deste índice de conforto também pode ser verificada em outros trabalhos científicos tais como Silva et al. (2015) avaliando o uso de diferentes materiais de cobertura, em modelos reduzidos de galpões avícolas, com a utilização de materiais de cobertura diferentes (telha cerâmica, telha alumínio e telha de fibra vegetal asfáltica reciclada), os autores observaram que a telha cerâmica proporcionou melhores condições de conforto térmico com valores médios de ITGU de 75,65 e CTR de 453,09 $W.m^{-2}$, mostrando que o estudo e conhecimento das propriedades térmicas dos materiais são indispensáveis para o aprimoramento do conforto térmico dos galpões.

De acordo com Cabral et al. (2017), quanto maior o valor de CTR, mais desfavoráveis são as condições ambientais para criação de animais, sendo na presente pesquisa os turnos 2 e 3 os mais críticos. Para as condições climáticas de semiárido, onde a intensidade de radiação é alta todo ano, mesmo no inverno é comum verificar desconforto das aves devido ao calor, um dos motivos é a grande incidência de radiação solar direta no telhado que transfere esta radiação para interior do aviário. De acordo com Cezar (2012), essa radiação representa 75% da carga térmica sobre a cobertura que é transferida para o interior de um galpão.

Na Figura 9 é possível visualizar os resultados médios da Entalpia coletados na parte interna (INT) e externa (EXT) do galpão aviário, para os diferentes tratamentos, inverno e verão, nos diferentes horários observados, Turno 1 – 1:00 às 6:00; Turno 2 – 7:00 às 12:00; Turno 3 - 13:00 às 18:00; e Turno 4 – 19:00 às 24:00.

A análise estatística constatou que em todos os turnos, tanto nos dados coletados no interior do aviário quanto no exterior, houve diferença significativa para os tratamentos inverno e verão, ($P < 0,05$) no que se refere aos dados relacionados à Entalpia, sendo que o teste de Tukey mostrou que, em todos os turnos, as menores médias foram encontradas no tratamento inverno e as maiores no tratamento verão.

Ao observar a Figura 9 é possível perceber que nos dois tratamentos, o turno 1 foi aquele em que os valores de entalpia foram os menores, ao longo do dia, e o turno 3, apresentou os valores mais altos. No inverno, dentro da instalação, a entalpia variou de 48,8 a 54,4 kJ/kg ar seco, e no verão esta variação foi de 58,1 a 63,6 4 kJ/kg ar seco. Já na área externa, para esta mesma grandeza física, ocorreu uma variação de 48,2 a 55,2 4 kJ/kg ar seco, durante o inverno, e de 55,3 a 65,7 kJ/kg ar seco, no verão.

Esta variação da entalpia ao longo do dia e das estações pode ser atribuída à quantidade de radiação recebida pela instalação, sendo maior no período diurno, e durante o verão.

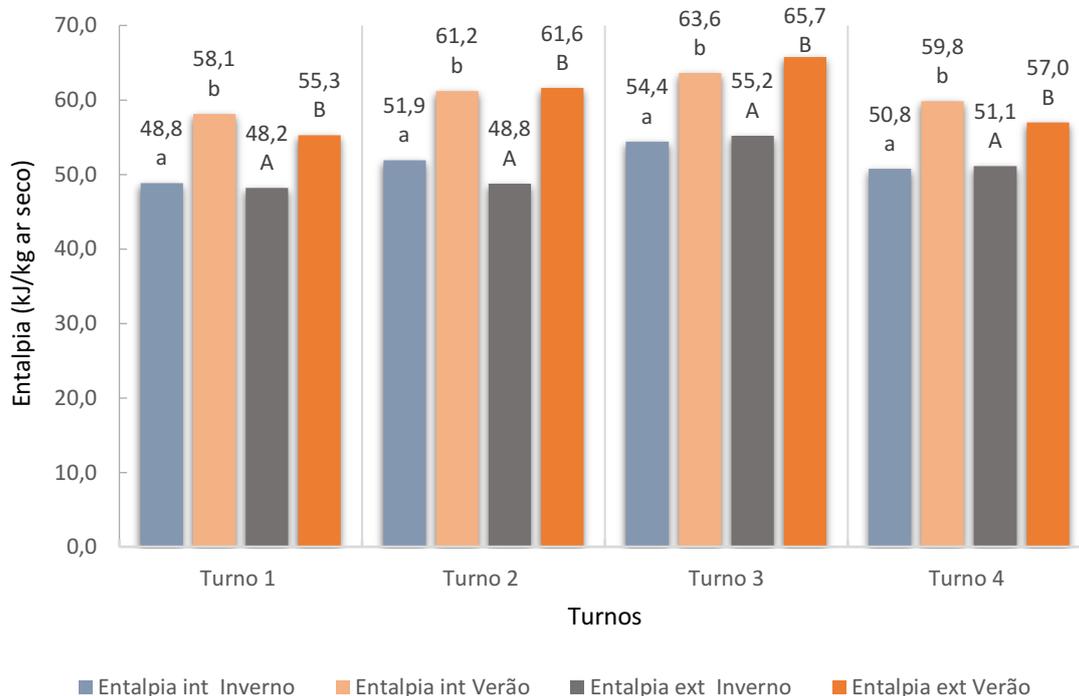


Figura 9. Entalpia média no interior e exterior do aviário, nos diferentes turnos, Turno 1 – 1:00 às 6:00; Turno 2 – 7:00 às 12:00; Turno 3 - 13:00 às 18:00; e Turno 4 – 19:00 às 24:00, ao longo dos períodos experimentais inverno e verão.

É importante destacar que a entalpia é resultado da combinação das condições de temperatura e umidade relativa do ar, sendo considerada a melhor forma de avaliar o nível de conforto térmico dos animais (SILVA et al., 2010).

De acordo com Barbosa et al. (2007), a faixa considerada confortável da grandeza física entalpia para frangos de corte na primeira semana é de 77,0 a 88,3 kJ/kg ar seco; de 66,9 a 77 kJ/kg ar seco na segunda semana, de 57,7 a 66,9 kJ/kg ar seco na terceira semana; de 49,5 a 57,7 kJ/kg ar seco na quarta semana; de 39,6 a 54,9 kJ/kg ar seco na quinta semana; e de 37,4 a 52,1 kJ/kg ar seco na sexta semana de vida do animal.

Seguindo estes dados como referência e analisando a Figura 9, nota-se que o interior da instalação, tanto no inverno quanto no verão, apresentou valores de entalpia abaixo da faixa recomendada para frangos de corte nas duas primeiras semanas de vida (corroborando com os resultados obtidos neste estudo para as variáveis temperatura do ar ITGU), em todos os turnos, indicando possível condição de estresse por frio. Em situações como esta é recomendável utilizar aquecedores e o fechamento de cortinas para tentar manter ao máximo a quantidade de energia presente na instalação e conseqüentemente ofertada aos animais. Para a terceira semana de criação, este mesmo comportamento pôde ser observado durante o tratamento inverno, diferentemente do

que ocorreu no verão, onde em todos os turnos a entalpia esteve dentro da zona de conforto térmico para estes animais.

Para frangos de corte na quarta semana, foi possível observar situação de desconforto por frio, no interior da instalação, apenas no primeiro turno durante o inverno, e nos demais turnos desse período experimental, turnos 2, 3 e 4, os valores de entalpia estiveram dentro da faixa recomendada por Barbosa et al. (2007). Esse comportamento não foi observado durante o verão, onde todos os turnos estiveram com os valores de entalpia acima da zona de conforto para estes animais.

Considerando a faixa de conforto para frangos de corte na quinta e sexta semana, e analisando, percebe-se que a entalpia no interior do aviário, para o período experimental inverno, esteve dentro dos padrões de referência de conforto determinados por Barbosa et al. (2007), em todos os turnos avaliados para animais na quinta semana, e para frangos de corte na sexta semana de criação, apenas o turno 3 apresentou condições entálpicas de desconforto por calor, sendo os demais turnos considerados confortáveis. Já no verão, para estas duas fases de criação, o ambiente no interior do aviário esteve com valores de entalpia acima da zona de conforto para estes animais, o que caracteriza uma possível situação de estresse térmico.

Nestes horários, em que a quantidade de energia presente no ambiente é superior ao recomendado, situação que provavelmente irá piorar ao confinar os animais devido a produção de energia pelos mesmos, sistemas de ventilação/refrigeração devem ser acionados com o intuito de dissipar parte desta energia presente no ambiente e conseqüentemente melhorar as trocas térmicas entre o animal e a instalação.

Após a análise das variáveis microclimáticas no interior do aviário, realizou-se uma simulação energética no *Energyplus*TM com o intuito de verificar o desempenho térmico de diferentes tipos de telhas para posteriormente determinar a eficiência térmica de cada uma delas em uma instalação localizada no semiárido pernambucano.

A Figura 10 apresenta os resultados da simulação da carga térmica no interior do aviário, considerando diferentes tipos de telhas (termoacústica, cerâmica, fibrocimento e metálica).

É possível perceber que a carga térmica da instalação com as suas características reais, telha cerâmica, é de 41,06 kW/h, ou seja, ao usar um sistema de resfriamento neste aviário, com o intuito de melhorar as condições de conforto térmico dos animais, e manter a temperatura ambiente variando em torno de 20 a 2 °C, é necessário retirar esta quantidade de calor do sistema, por unidade de tempo, objetivando a manutenção desta temperatura. Como foi discutido nos resultados exibidos anteriormente, instalações com condições microclimáticas dentro dos padrões de referência para o conforto térmico das aves, melhoram a qualidade de vida destes animais e colaboram para um aumento da produção animal.

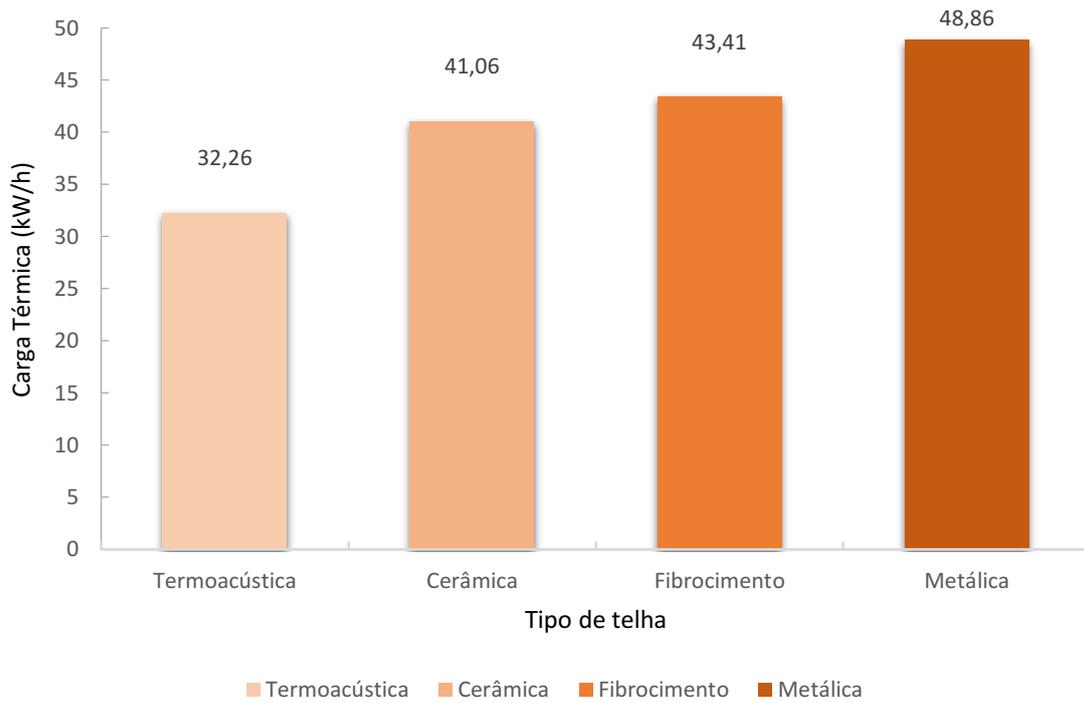


Figura 10. Carga térmica (kW/h) no interior do aviário para os diferentes tipos de telhas.

Ao comparar os resultados da simulação da carga térmica da telha cerâmica com os demais tipos de telha analisados neste trabalho (termoacústica, fibrocimento e metálica), é possível notar que a telha termoacústica apresentou o melhor desempenho termoenergético, conseguindo diminuir 21,43% da carga térmica da instalação, considerando as suas características reais (telha cerâmica). Este resultado possivelmente se deve às propriedades físicas e térmicas dos materiais que compõem este tipo de telha, sendo que estas são formadas por duas chapas metálicas, cujo interior é composto por uma camada de material isolante promovendo o isolamento térmico e acústico, melhorando a qualidade do ambiente interno da edificação. Ou seja, o melhor desempenho térmico provavelmente se deve à refletância da superfície metálica da telha termoacústica, assim como à dissipação do calor absorvido e baixa condutividade térmica do poliestireno expandido utilizado no preenchimento da telha.

Resultados semelhantes àqueles verificados neste trabalho foram observados por Tokusumi e Foiato (2019), onde estes pesquisadores, ao analisarem o desempenho termoacústico de telhas, notaram que a telha termoacústica se sobressaiu em relação à telha cerâmica e de fibrocimento, tanto em relação à maior atenuação sonora quanto referente à menor transferência de calor para dentro do ambiente construído.

Em virtude do menor coeficiente de condutividade térmica da telha termoacústica (0,04 W/m.K), comparada à telha de fibrocimento (0,95 W/m.K), à telha cerâmica (1,05 W/m.K) e à telha metálica (55 W/m.K), a sua condução do calor para o interior da edificação é menor, provocando, conseqüentemente, uma diminuição da carga térmica no interior do aviário, proporcionando melhores condições de conforto térmico aos animais e provavelmente menores custos de implantação e

manutenção de um sistema de refrigeração. Entretanto, apesar destas telhas evitarem custos desnecessários com climatização, proporcionarem um aumento da produtividade e economia de energia, a utilização deste tipo de telha, em instalações para animais, ainda é bastante limitada principalmente pelo seu alto custo de instalação, ou seja, o investimento necessário para aquisição deste tipo de telha é superior às opções de cobertura com telhas cerâmicas, fibrocimento e metálicas.

Quanto à telha de fibrocimento, a simulação mostrou (Figura 08), que a carga térmica simulada foi superior 5,72% à carga térmica da instalação com suas características reais, telha cerâmica. Entretanto, ao comparar a carga térmica da instalação com telhas cerâmicas e as demais telhas analisadas (termoacústicas, fibrocimento e metálicas), a de fibrocimento é aquela que apresenta diferenças menos expressivas. Esse resultado possivelmente se dá pelas características térmicas desses dois materiais apresentarem valores próximos, sendo que a condutividade térmica e o calor específico da telha cerâmica é de 1,05 W/m.K e 0,92 kJ/kg.K e da telha de fibrocimento é de 0,95 W/m.K e 0,84 kJ/kg.K.

Apesar das telhas de fibrocimento apresentarem um desempenho térmico próximo ao das telhas cerâmicas, o que justificaria a sua utilização em detrimento do seu menor custo de instalação, à medida que estas telhas vão envelhecendo, as suas características físicas e térmicas vão se modificando, o que pode tornar o ambiente térmico no interior da edificação menos confortável. De acordo com Coelho et al. (2017), no caso específico das telhas de fibrocimento, os principais processos naturais de deterioração ao longo de sua vida útil são a carbonatação, a eflorescência e o desenvolvimento de fungos, os quais ocorrem devido à exposição às intempéries e à periodicidade da manutenção da estrutura em serviço.

Coelho et al. (2017) ao avaliar o desempenho térmico e absorvância solar de telhas de fibrocimento sem amianto submetidas a diferentes processos de envelhecimento natural concluíram que telhas com fungos após 36 meses apresentaram aumento nas absorvâncias e temperaturas superficiais, indicando que a presença de fungos pode incrementar os ganhos de calor solar pelas edificações. Estes resultados comprovam que os processos de envelhecimento natural de telhas de fibrocimento podem alterar consideravelmente seu desempenho térmico ao longo da vida útil de uma edificação, comprometendo as suas condições de conforto térmico e/ou exigindo maiores investimentos em sistema de refrigeração/ventilação.

Oliveira et al. (2016), ao estudarem o desempenho térmico de edificações a partir de um estudo comparativo entre o telhado verde e outros tipos de coberturas, puderam inferir que apesar do valor para execução do telhado com telhas de fibrocimento ser inferior em relação aos outros sistemas, seu desempenho térmico foi o pior em comparação às demais coberturas (telhado verde e telhas cerâmicas), e foi verificado também que para proporcionar um melhor conforto térmico foi necessário utilizar tinta branca sobre as telhas de fibrocimento.

No que se refere ao desempenho térmico da telha metálica, a Figura 10 mostra que dentre todos os materiais estudados, este telhado foi aquele que apresentou menor desempenho térmico,

sendo que, a partir dos resultados obtidos por meio da simulação, a carga térmica no interior do aviário foi 21,43% superior à carga térmica da instalação com telha cerâmica, indicando possivelmente maiores possibilidades de desconforto térmico, e conseqüentemente uma diminuição da produção animal quando comparado às características reais da edificação. Além disso, este resultado sugere que, ao utilizar um sistema de refrigeração nesta instalação (com telha metálica), com o intuito de melhorar as suas características térmicas, será necessário um maior investimento tanto de implantação quanto de manutenção do sistema.

Acredita-se que a instalação com telhas metálicas apresentou maior carga térmica quando comparada às demais (termoacústica, cerâmica e fibrocimento), devido às suas propriedades termofísicas. Apesar deste tipo de telha apresentar alta refletância, a mesma possui pequena espessura e alta condutividade térmica, aumentando assim a transferência de calor para o interior da edificação e o ganho de energia.

Resultados similares à esta pesquisa foram verificados por Sampaio et al. (2011), onde ao analisarem as temperaturas superficiais de telhas e sua relação com o ambiente térmico, perceberam que as telhas cerâmicas e de fibrocimento apresentaram comportamentos térmicos semelhantes, e as telhas foram piores no conforto térmico comparado com as outras telhas.

Silva et al. (2015), ao avaliarem o desempenho térmico de tipos de coberturas no interior de modelos reduzidos de galpões avícolas, também puderam inferir que a utilização de telhas cerâmicas, quando comparada às demais telhas testadas (fibrocimento e metálica), propicia melhores condições de conforto térmico.

Conclusão

Conclui-se que os parâmetros temperatura do ar, velocidade do vento, ITGU, CTR e entalpia, as condições microclimáticas do aviário, nas duas estações estudadas (inverno e verão), apresentaram diferenças significativas em todos os turnos avaliados, sendo que os menores valores foram encontrados na estação inverno e que o microclima no interior do aviário, tanto no inverno quanto no verão, apresentou situações de conforto e desconforto para frangos de corte, variando de acordo com o turno e idade do animal considerada.

Tanto no inverno quanto no verão, no interior da instalação, o turno 1 apresentou as condições microclimáticas mais amenas para a criação de frangos de corte a partir da terceira semana de vida; já o turno 3 apresentou condições de maior desconforto térmico para os animais desta fase;

A partir das simulações computacionais foi possível constatar que no aviário estudado, para as condições climáticas de Petrolina, telhas termoacústicas proporcionam melhor desempenho térmico ao comparar com telhas cerâmicas, de fibrocimento e metálicas e dentre as telhas avaliadas, exceto a termoacústica, a telha cerâmica apresentou melhor desempenho térmico, sendo indicado o seu uso nas construções rurais.

Referências

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15220: Desempenho térmico de edificações Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2003.
- 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.; CARVALHO, B. R.; MAIA, R. C.; BARROS, V. R. S. M. Galinhas Poedeiras: Criação e Alimentação. Viçosa, Minas Gerais: Aprenda Fácil, 2014. 376p.
- ALMEIDA, A. C. Avaliação do conforto térmico de ovinos a céu aberto e em ambiente de confinamento na região norte da Bahia. 60f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal Universidade Federal do Vale do São Francisco. 2011.
- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. Ambiência em edificações rurais: Conforto animal. 2.ed. Viçosa: UFV, 2010. 269p.
- BARBOSA FILHO, J. A. D.; VIEIRA, F. M. C.; GARCIA, D. B.; SILVA, M. A. N.; SILVA, I. J. O. Mudanças e uso das Tabelas de Entalpia. Piracicaba, São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://www.nupea.esalq.usp.br/>>. Acesso em: 23 de jun. 2020.
- BOND, T. E.; KELLY, C. F. The globe thermometer in agricultural research. *Agriculture Engineering, California*, v.36, p.251-260, 1955.
- BUFFINGTON, D. E.; COLLAZO AROCHO, A.; CANTON, G. H.; PITT, D. Black globe humidity index (BGHI) as a comfort equation for dairy cows. *Trans. ASAE*, v.24, n.3, p.711-714, 1981.
- CABRAL, M. R.; NAKANISHI, E. Y.; FIORELLI, J.; SAVASTANO JÚNIOR, H. Avaliação do desempenho térmico de bezerreiros com eco-forro de partículas de madeira e fibra de sisal. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, v.11, n.3, p.217-228, 2017.
- CAMPOS, A. T. Determinação dos índices de conforto térmico e da carga térmica de radiação em quatro tipos de galpões, em condições de verão para Viçosa–MG. 66f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 1986.
- CÂNDIDO, M. G. L.; TINÔCO, I. F. F.; PINTO, F. A. C.; SANTOS, N. T.; ROBERTI, R. P. Determination of thermal comfort zone for early-stage broilers. *Engenharia Agrícola*, v.36, n.5, p.760–767, 2016.
- CASSUCE, D. C. Determinação das faixas de conforto térmico para frangos de corte de diferentes idades criados no Brasil. 91f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2011.
- CÉZAR, R. L. Pintura do telhado de galpões para frangos de corte: ambiência e parâmetros fisiológicos. 63f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia. Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2012.
- COELHO, T. C. C.; GOMES, C. E. M.; DORNELLES, K. A. Desempenho térmico e absorvância solar de telhas de fibrocimento sem amianto submetidas a diferentes processos de envelhecimento natural. *Ambiente Construído*, v.17, n.1, p.147-161, 2017.

- COELHO, D. J. R.; TINÔCO, I. F. F.; SOUZA, C. F.; BAPTISTA, F. J. F.; BARBARI, M.; OLIVEIRA, K. P. 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.
- CUNHA, C. C. Avaliação de desempenho da produção de frangos de corte no Brasil utilizando a análise envoltória de dados e o Índice de Malmquist. 81f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Agronegócios. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária. Universidade de Brasília. Brasília, 2014.
- ESMAY, M. L. Principles of animal environment. Westport: The AVI Publishing Company, 1979. 325p.
- FURTADO, D. A.; MOTA, J. K. M.; NASCIMENTO, J. W. B. do; SILVA, V. R. da; TOTA, L. C. A. Produção de ovos de matrizes pesadas criadas sob estresse térmico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, n.7, p.748-753, 2011.
- JACOME, I. M. T. D.; FURTADO, D. A.; LEAL, A. F.; SILVA, J. H. V.; MOURA, J. F. P. Avaliação de índices de conforto térmico de instalações para poedeiras no nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.11, n.5, p.527-531, 2007.
- LOURENÇONI, D. Modelagem fuzzy e efeito das mudanças climáticas nas respostas produtivas de frangos de corte criados em diferentes sistemas comerciais de produção. 119f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2017.
- MEDEIROS, C. M.; BAÊTA, F. C.; OLIVEIRA, R. F. M.; TINÔCO, I. de F. F.; ALBINO, L. F. T.; CECON, P. R. Efeitos da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar em frangos de corte. *Revista Engenharia na Agricultura*, v.13, n.4, p.277-286, 2005.
- MENEGALI, I.; BAETA, F. C.; TINOCO, I. de F. F.; CORDEIRO, M. B.; GUIMARÃES, M. C. C. Desempenho produtivo de frangos de corte em diferentes sistemas de instalações semiclimatizadas no sul do Brasil. *Engenharia na Agricultura*, v.18, n.6, p.461-471, 2010.
- MENEGALI, I.; TINÔCO, I. F. F.; CARVALHO, C. C. S.; SOUZA, C. de F.; MARTINS, J. H. 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.
- MICHELS, C.; LAMBERTS, R.; GUTHS, S. Avaliação da redução no fluxo de calor proporcionada pelo uso de barreiras adiantes em cobertura. IN: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 11, 2006, Florianópolis. Anais...Florianópolis, 2006.
- NÄÄS, I. A.; SEVEGNANI, K. B.; MARCHETO, F. G.; ESPELHO, J. C. C.; MENEGASSI, V.; SILVA, I. J. O. Avaliação térmica de telhas de composição de celulose e betume, pintadas de branco, em modelos de aviários com escala reduzida. *Revista Engenharia Agrícola*, v.21, n.2, p.121- 126, 2001.
- OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; ABREU, M. L. T.; FERREIRA, R. A.; VAZ, R. G. M. V.; CELLA, P. S. Efeitos da temperatura e da umidade relativa sobre o desempenho e o rendimento de cortes nobres de frangos de corte de 1 a 49 dias de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n.3, p.797-803, 2006.

- PAULA, M. O.; SÁ, L. V.; CARVALHO, S. O.; TINÔCO, I. F. F. Análise do conforto térmico e do desempenho animal em galpão para frango de corte na fase inicial de vida. *Enciclopédia Biosfera*, v.10, n.18, p.236-250, 2014.
- RODRIGUES, V. C.; SILVA, I. J. O.; VIEIRA, F. M. C.; NASCIMENTO, S. T. A correct enthalpy relationship as thermal comfort index for livestock. *International Journal of Biometeorology*, v.55, n.3, p.455-459, 2010.
- SAMPAIO, C. A. P.; CARDOSO, C. O.; SOUZA, G. P. Temperaturas superficiais de telhas e sua relação com o ambiente térmico. *Engenharia Agrícola*, v.31, n.2, p.230-236, 2011.
- SILVA, J. H. V.; JORDÃO FILHO, J.; COSTA, F. G. P.; LACERDA, P. B.; VARGAS, D. G. V.; LIMA, M. R. Exigências nutricionais de codornas. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.13, n.3, p.775-790, 2012.
- SILVA, M. G.; MARTIN, S.; OLIVEIRA, C. E. G.; MOSCON, E. S.; DAMASCENO, F. A. Desempenho térmico de tipos de coberturas no interior de modelos reduzidos de galpões avícolas. *Revista Energia na Agricultura, Botucatu*, v.30, n.3, p.269-275, 2015.
- SILVA, P. M. A. Aplicação do programa EnergyPlus como ferramenta do projecto de comportamento térmico de edifícios de habitação. 153f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto, 2010.
- SIQUEIRA, T. C. P. A.; AKUTSU, M.; LOPES, J. I. E.; SOUZA, H. A. Dados climáticos para avaliação de desempenho térmico de edificações. *Revista Escola de Minas*, v.58, n.2, p.133-139, 2005.
- SOUZA, F. C.; TINÔCO, I. F. F.; BAÊTA, C. F.; FERREIRA, M. P. W.; SILVA, S. R. Avaliação de materiais alternativos para confecção do termômetro de globo. *Ciência Agrotecnica*, v.26, n.1, p.157-164, 2002.
- TINÔCO, I. F. F. *Ambiência e instalações para a avicultura industrial*. In: TEIXEIRA, V. H.; FERREIRA, L. Lavras: UFLA/SBEA, p.1-86. 1998.
- TOKUSUMI, A. T. G.; FOIATO, M. Análise de desempenho termoacústico de telhas. *Conhecimento em Construção*, v.6, p.35-48, 2019.
- VIGODERIS, R. B.; CORDEIRO, M. B.; TINÔCO, I. de F. F.; MENEGALI, I.; SOUZA JÚNIOR, J. P. de; HOLANDA, M. C. R. de. Avaliação do uso de ventilação mínima em galpões avícolas e de sua influência no desempenho de aves de corte no período de inverno. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, n.6, p.1381-1386, 2010.



Capítulo IV

CONFORTO TÉRMICO E DESEMPENHO DE PINTAINHAS CRIADAS EM GAIOLAS SOBREPOSTAS

*Fabiana Terezinha Leal de Moraes
José Pinheiro Lopes Neto
Dermeval Araújo Furtado
Neila Lidiany Ribeiro
Fernanda Fernandes de Melo Lopes*

Introdução

A avicultura vem mostrando ser uma atividade agropecuária de grande relevância para o consumo humano. Seu crescimento consolidado no Brasil está diretamente relacionado e estimulado pela tecnificação, principalmente na automação do setor, melhoramento genético, sanidade, nutrição e ambiência, favorecendo o desempenho das aves.

O desenvolvimento industrial de aves de postura está diretamente relacionado a sua criação e manejo, destacando o sistema convencional em gaiolas sobrepostas e free-range como os mais utilizados. No entanto, o sistema convencional proporciona pontos positivos como fácil manejo, melhor controle sanitário, alojamento de um número maior de pintainhas por metro quadrado e o free-range favorece a circulação das aves proporcionando espaço e liberdade para a desempenhar seus comportamentos.

Partindo do pressuposto as aves necessitam de um ambiente favorável para seu desenvolvimento a cada fase de vida. Contudo, o maior desafio das instalações avícolas é propiciar limiares ideais de condições ambientais no interior do galpão de acordo com as exigências das aves. Sendo assim, destaca-se a temperatura do ar como a principal influenciadora no desempenho animal.

No que se refere a tipologia dos galpões, em fase inicial de criação, as aves de postura devem ser protegidas de variações bruscas de temperatura (reduzidas e altas), fato este que se caracteriza como uma grande adversidade em grande parte das construções aviárias brasileiras, em razão de serem abertas e sem ambiente controlado. Uma vez que as pintainhas são submetidas a condições de desconforto térmico, dificilmente conseguirá desempenhar seu papel produtivo ao longo da vida. Portanto, realça a importância de sempre promover condições favoráveis de conforto térmico.

A avicultura industrial de postura no Brasil foi iniciada no estado de São Paulo, com a chegada dos imigrantes japoneses e nas décadas de 1940 e 1950 teve início a avicultura industrial de abate no estado de Santa Catarina, com a instalação de empresas como a Sadia e Perdigão, posteriormente, o crescimento da produção de frangos no Sul do Brasil e a expansão da avicultura nas regiões Centro-Oeste e Norte (BELUSSO & HESPANHOL, 2010).

A Associação Brasileira Proteína Animal (ABPA, 2019), respalda que o alojamento de pintainhas de postura comercial apresentou um crescimento anual de 13,4% nos primeiros cinco meses de 2020. Em um período mais longo, últimos 10 anos, o volume atual apresenta crescimento de 76%.

Mesmo com a evolução na avicultura de postura, os investimentos em melhorar a ambiência das instalações e o bem-estar das aves ainda são poucos (OLIVEIRA, 2017), tornando a atividade vulnerável ao clima, sendo o bem-estar um aspecto importante para a produção avícola e, umas das exigências a comercialização em mercados internacionais.

No Brasil, a maioria dos aviários para criação de aves de postura são abertos e em sistemas verticais, com grandes dimensões, tendo níveis de gaiolas de oito andares; nessas concepções arquitetônicas a situação de estresse térmico pode ser crítica em função da variação no gradiente

térmico não apenas na vertical, mas também no comprimento e na largura do galpão (COELHO et al., 2015)

De acordo com Garcia et al. (2012), este microclima é composto pela combinação da umidade relativa do ar, radiação solar incidente, temperatura do bulbo seco e velocidade do ar circulante no ambiente, que, quando em equilíbrio promovem um bom conforto térmico as aves, podendo desta forma expressar seu comportamento natural.

Baêta e Souza (2010) citam que o ambiente de produção é qualificado por um conjunto de elementos, sendo eles, físicos, químicos, sociais e climáticos, que agem simultaneamente e desempenham influências sobre os animais favoráveis ou desfavoráveis ao desenvolvimento biológico, comportamento produtivo e reprodutivo das aves.

Considerando que a ave é um sistema termodinâmico aberto em contínua troca de energia com o ambiente, o ambiente externo pode afetar o ambiente interno da instalação, visto que alterações no ambiente podem influenciar na sua fisiologia das aves causando estresse e assim não conseguem manter sua homeotermia (RODRIGUES, 2006). Assim, para o animal homeotermo alojado em ambiente onde a temperatura se encontra acima da zona conforto necessita desviar energia de produção para buscar a manutenção da homeotermia (CASSUCE, 2011).

As pintainhas não possuem sistema termorregulatório amadurecido, nem reserva energética suficiente para se adaptarem às condições adversas do ambiente térmico, por isso são menos resistentes a condições ambientais diferentes das suas zonas de termoneutralidade, apresentando redução no seu crescimento devido a ajustes metabólicos e endócrinos em resposta ao ambiente térmico (PONCIANO, 2011).

Para os animais homeotermos a temperatura do ambiente a que se encontram expostos, tem papel decisivo sobre todas as suas respostas fisiológicas, permitindo ou não que a produtividade máxima obtida pela espécie seja atingida (CASSUCE, 2011). Além das maiores variações de peso e desenvolvimento dos órgãos e de todos os tecidos que ocorrem durante a fase de criação e a formação completa e adequada dos órgãos deve ocorrer dentro de cinco a seis semanas de idade. No entanto, o sistema fisiológico ainda está em desenvolvimento, tanto anatômica quanto funcionalmente (ALBINO et al., 2014).

Para atender as exigências das pintainhas, os aquecedores são fundamentais para o início da vida, dele depende o bom desenvolvimento destes animais. A fim de fornecer calor e proporcionar conforto térmico às aves, vários tipos de aquecedores têm sido utilizados e a evolução desses equipamentos se deu na busca de melhoria de transferência do calor com menor custo de energia (PONCIANO, 2011).

Abreu e Abreu (2011) citam que o aquecimento é essencial no início da vida e dele depende o bom desenvolvimento do animal, as duas primeiras semanas são as mais críticas, erros cometidos nestas fases poderão comprometer o futuro do lote, o que pode afetando o desempenho final das aves e reduzindo o ciclo de produção. Galvarro (2017) respalda que é necessário fornecer um sistema de

aquecimento complementar devido ao sistema termorregulador das aves não estar completamente desenvolvido, na fase inicial de criação.

Nesse sentido, a presente pesquisa teve como objetivo avaliar o efeito do ambiente térmico de uma granja comercial quanto ao desempenho das pintainhas da linhagem Lohmann LSL criadas em gaiolas sobrepostas.

Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido em granja comercial no município de Cuité, Paraíba, situado na Mesorregião do Agreste Paraibano. De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima é considerado do tipo Bsh – semiárido quente com chuvas de verão. Localiza-se entre as coordenadas 06°29'06" de Latitude Sul e 36°09'24" de Longitude Oeste, onde a pluviosidade média é 714,6 mm/ano (AESÁ, 2016) e apresenta uma temperatura variando entre 18 a 31°C. A pesquisa foi realizada durante o verão entre os meses de novembro a dezembro em 2018, meses mais críticos para criação de aves na região, devido à alta incidência da radiação solar.

O galpão possui orientação no sentido leste-leste, com as seguintes dimensões 8 m de comprimento x 70 m de largura e 4 m de altura de pé direito, com oitões em alvenaria e as laterais apresentam muretas com 0,40 m de altura; as aberturas laterais são teladas e equipadas com cortina regulável. A cobertura do galpão possui telhas onduladas de aço galvanizado com inclinação de 30% e beiral com 1,50 m. A estrutura do galpão é de concreto armado com distância entre terças de 5,0 m.

O programa de iluminação artificial foi de 24 horas de luz na primeira semana, usando lâmpadas fluorescentes de 100 watts como fonte de aquecimento durante os primeiros dias de vida dos animais. Já, na segunda semana houve uma redução para 20 horas e a partir da terceira semana foi fornecido 16 horas de luz. Quando as aves atingiram quatro semanas de idade até completar as seis semanas, foi fornecido somente luz natural e as cortinas foram totalmente abertas.

A vista frontal do aviário, possibilitando a visualização do dimensionamento do galpão, sensores de globo negro e temperatura, bem como a disposição das gaiolas (Figura 1).

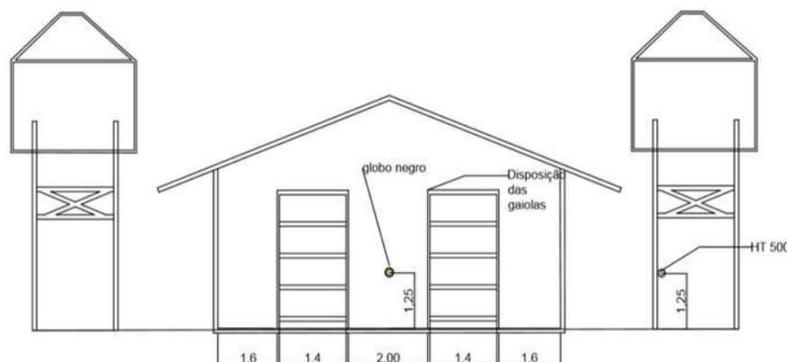


Figura 1. Corte frontal do galpão usado para o estudo.

A instalação apresenta sistema de ventilação natural, por meio do manejo das cortinas e pela abertura da porta, realizado diariamente de acordo com os fatores ambientais. A área externa do galpão é envolta por árvores nativas e frutíferas (ypê, catingueira, leucena, seriguela e alguns arbustos) plantadas a cerca de 5m de distância do galpão que funcionam como quebra-ventos.

O experimento foi realizado com pintainhas na área de crescimento inicial das aves de postura, situada no interior da instalação (pinteiro), que compreendeu o período entre o 1º até o 42º dia de vida. Nos primeiros 15 dias de vida as aves necessitaram de aquecimento artificial para manutenção da homeotermia.

O aquecimento (Figura 2) foi realizado por meio de um aquecedor elétrico e 6 campânulas elétricas providas de lâmpada de 220v que auxiliaram o sistema de aquecimento nos primeiros dias de vida das pintainhas. Para facilitar o manejo e diminuir o custo energético, o galpão foi dividido em uma área correspondente a 1/3 da área total, este foi protegido por cortinas confeccionadas em fibras de plástico (polietileno) para reduzir o volume de ar a ser aquecido e garantir que o espaço seja aquecido uniformemente.



Figura 2. Sistema de aquecimento interno do galpão das pintainhas

No galpão foram distribuídas 10.000 pintainhas da linhagem Lohmann LSL, alojadas em gaiolas metálicas de forma homogênea confeccionadas com dimensões de (0,70 x 0,42 x 0,60 m de largura, comprimento e altura), respectivamente, sobrepostas em quatro andares, com oito fileiras constituído de duas baterias cada qual com dois níveis na forma de pirâmide, formando duas linhas ao longo da instalação, totalizando 84 gaiolas por um corredor central.

A água foi fornecida por meio de bebedouros do tipo nipple (Figura 3A), dispostos no interior das gaiolas e a dieta foi disponibilizada para suprir as exigências nutricionais para a faixa etária. O aviário possui sistemas de comedouros automatizados (Figura 3B) e a retirada das excretas realizada por meio de esteiras mecanizadas. A água foi fornecida à vontade diariamente e os alimentos foram fornecidos duas vezes ao dia (07 e 17h).



Figura 3. Bebedouros do tipo nipple (A). Comedouros automáticos (B)

Nos primeiros 15 dias as aves foram alojadas em uma densidade de 50 pintainhas/gaiola, que foi gradualmente reduzida, de acordo com padrões comerciais, para 30 pintainhas/gaiola de 15 a 30 dias, ao atingir a idade de 30 dias os animais foram redistribuídos ao longo do galpão, ocupando toda a extensão do galpão totalizando 15 pintainhas/gaiola. Após o 10º dia de vida foi realizado a debicagem, e o manejo de vacinação para controle das principais zoonoses.

O galpão foi monitorado da 1ª a 6ª semana de vida das pintainhas, e para caracterizar o ambiente térmico, foram registrados diariamente a temperatura do ar (TA), temperatura de globo negro (TGN) e umidade relativa do ar (UR) durante o período experimental na parte interna do galpão.

Para mensuração da temperatura e umidade relativa do ar no interior do pinteiro foram utilizados termohigrômetros da marca Instrutherm® dataloggers, modelo HT-70 (precisão de $\pm 1\%$), posicionados a uma altura aproximadamente de 1,25 m. Os sensores foram posicionados no centro do galpão, com leituras sendo realizadas a cada 2 horas.

A temperatura de globo negro (TGN) foi coletada com o uso de sensores de temperatura (modelo Ds18b20) posicionados no centro de esferas ocas de plástico pintadas externamente na cor preta fosca e distribuídos a cada 5m no centro do pinteiro a uma altura de 1,25 metro do solo. Os

sensores foram acoplados a um microcontrolador arduino de leitura contínua com intervalos de 30 min.

Foram distribuídos oito sensores de (TGN) nomeados por G1, G2, G3, G4, G5, G6, G7 e G8 em uma linha interna correspondente a 20 m no galpão instalados no seu centro geométrico para maior precisão dos dados durante os primeiros 15 dias período de aquecimento: equidistante entre si a cada 5 m (Figura 4A), após este período houve uma redistribuição dos sensores no galpão que passaram a ocupar a parte central do galpão (Figura 4B)

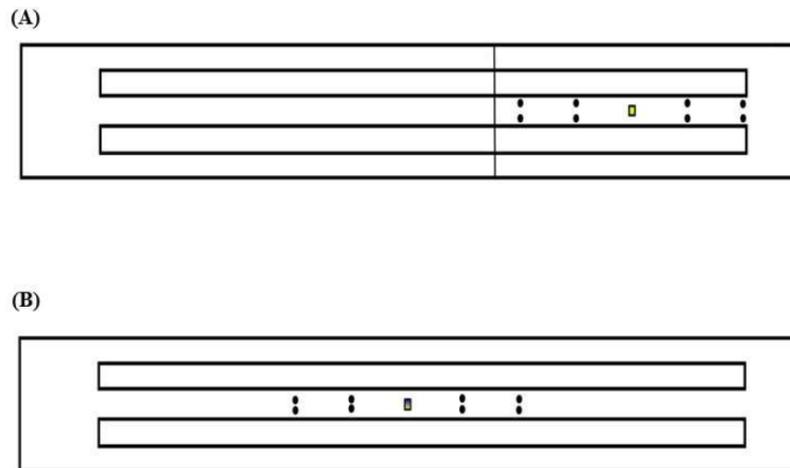


Figura 4. Distribuição dos sensores na fase de aquecimento (A) e período pós-aquecimento (B).

Para avaliação do microclima externo ao pinteiro coletou-se diariamente, com uso de datalogger Instrutherm® modelo HT-500 (precisão de $\pm 1\%$) as variáveis meteorológicas temperaturas do ar ($^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa do ar (%). Este sensor foi instalado na parte externa ao galpão a uma distância de 4 m do pinteiro com 1,5 m de altura do solo. Para determinar a velocidade do ar no aviário foi utilizado um anemômetro de hélice digital ($\pm 3\%$) em intervalos de duas horas, sendo posicionado a 1,25 m de altura do solo.

Todos os sensores foram devidamente calibrados previamente no Laboratório de Construções Rurais do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande. Os dados coletados relacionados ao desempenho das aves foram peso vivo (PV) e ganho de peso (GP). Semanalmente, 100 pintainhas eram selecionadas aleatoriamente e pesadas por meio de uma balança digital (Figura 5) para determinar a massa corporal média do lote e acompanhar o PV das pintainhas. A avaliação do desempenho zootécnico das aves se deu por comparação com o manual da linhagem e com os dados fornecidos pela granja.



Figura 5. Processo de pesagem das pintainhas

O Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU) foi determinado pela expressão proposta por Buffington et al. (1981) (Equação 1).

$$ITGU = Tg + 0,36Tpo + 41,5 \quad (\text{Eq.1})$$

Sendo: $ITGU$ = Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade; Tg = Temperatura de globo negro ($^{\circ}\text{C}$); Tpo = Temperatura do ponto de orvalho ($^{\circ}\text{C}$).

A Carga Térmica Radiante (CTR) foi calculada pela equação de Stefan-Boltzmann, conforme proposto por Souza (2002) (Equação 2).

$$CTR = \sigma(TRM)^4 \quad (\text{Eq.2})$$

Sendo: CTR = Carga térmica radiante ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$); σ = Constante de Stefan Boltzmann ($5,67 \times 10^{-8} \text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-4}$); TRM = Temperatura Radiante Média (K).

Esta é a temperatura de uma circunvizinhança considerada uniformemente negra, de modo a eliminar o efeito de reflexão, com o qual um corpo (globo negro) troca energia de forma semelhante ao ambiente atual considerado (BOND & KELLY, 1955).

A TMR foi expressa pela Equação 3.

$$TMR = 100[2,51 * (V)^{0,5} * (Tg - Tbs) + \left(\frac{Tg}{100}\right)^4]^{1/4} \quad (\text{Eq.3})$$

Sendo: V = Velocidade do ar (m/s); Tg = Temperatura de globo negro (K); Tbs = Temperatura de bulbo seco (K).

Os valores médios de ITGU, TA, UR e CTR foram apresentados em gráficos de dispersão (\pm SEM). Os dados médios de desempenho (PV e GP) estão representados em gráficos de barras.

Resultados e Discussão

Pode-se observar que as pintainhas foram expostas as temperaturas do ar (TA) inferiores ao preconizado pelo manual da linhagem Lohmann (2017), para condição de conforto térmico durante a primeira semana de vida das aves (35 – 31°C), no presente estudo observou-se que os valores mínimos e máximos estiveram compreendidos entre (24 – 32°C), respectivamente. Tal fato, justifica-se pela ineficácia do sistema de aquecimento, as campânulas e o isolamento das cortinas que não foram suficientes para assegurar a uniformidade da TA no interior do galpão (Figura 6A).

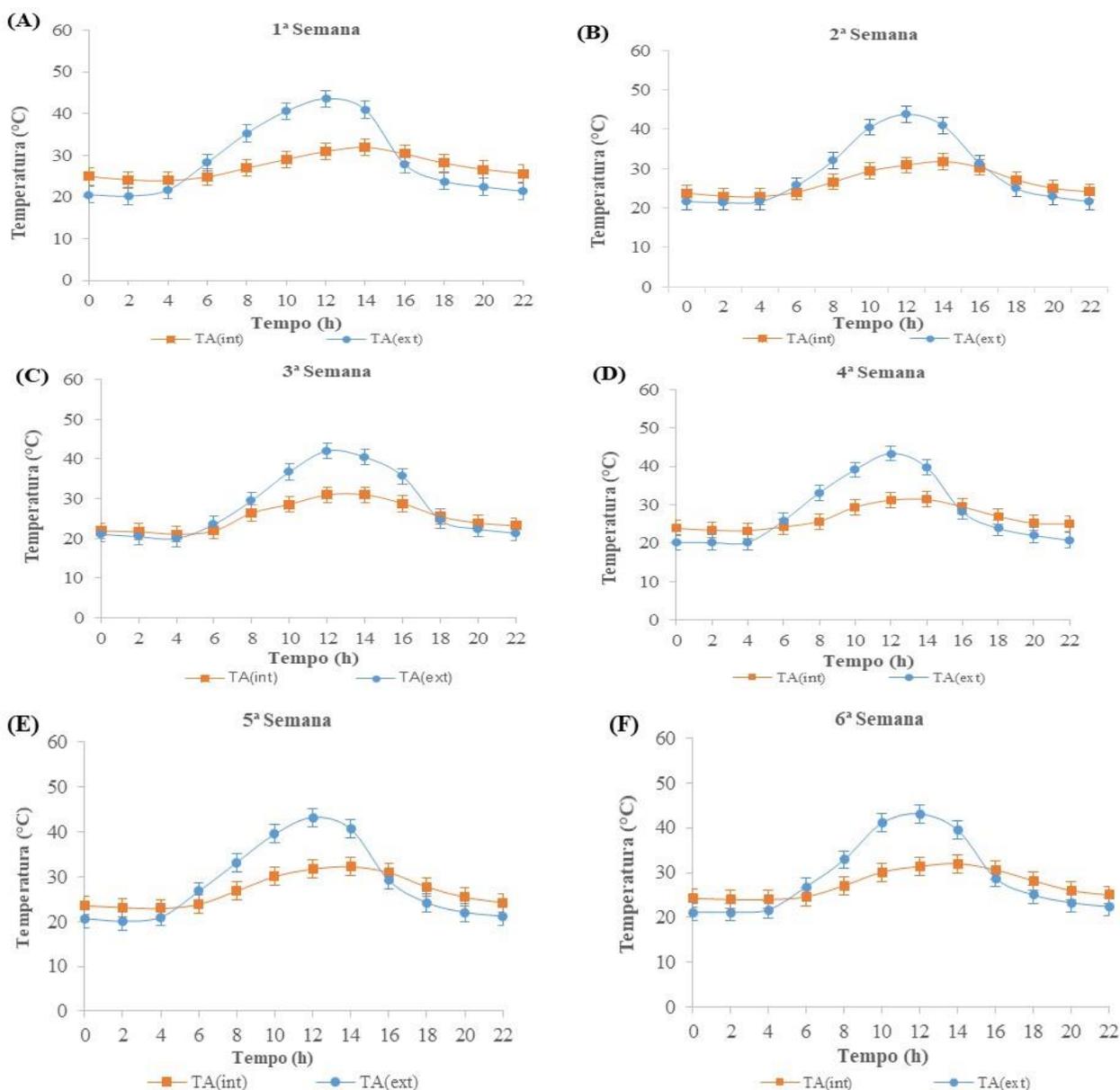


Figura 6. Comportamento da temperatura média do ar interna e externa do aviário nas diferentes semanas ao longo dos dias.

Nessas circunstâncias as pintainhas tendem a permanecer a maior parte do tempo agrupadas na tentativa de minimizar o efeito do estresse térmico causado pelo frio (SCHIASSI et al., 2015). Segundo

Andrade et al. (2019), a dificuldade de se manter a temperatura do ar nos limites adequado para as pintainhas nesse período foi devido as possíveis falhas no sistema de aquecimento.

Os estudos de Coradi et al. (2016) mostraram que o sistema de aquecimento e o isolamento térmico por meio das cortinas não foram suficientes para assegurar a homogeneidade desta variável dentro do pinteiro. Em relação a segunda semana de vida das pintainhas, observou-se que para os horários das (8 às 18h) a TA (28 – 29°C) foi mantida próxima aos valores propostos pelo manual da linhagem (2017).

Os maiores valores de TA no período de novembro a março para região da Paraíba, onde os elevados valores de TA ocorrem durante o período diurno em decorrência da maior disponibilidade da radiação solar, resultando numa maior quantidade de calor armazenado por volta das 18 horas (SOUSA et al., 2007; SOUSA, 2019). Sendo estes fatores que venham a justificar as elevadas temperaturas no interior do galpão.

Já nos horários compreendidos das 20h às 6h os valores da TA para segunda semana de vida das aves permaneceram abaixo da faixa de conforto térmico (Figura 6B). Isso possivelmente ocorreu devido a insuficiência do sistema de aquecimento, com base na TA interna da instalação, já que nesse período a instalação estava fechada por cortinas e o manejo inadequado pode ter interferido na vedação. Nota-se, também que essa maior variação noturna pode ser atribuída a elevada amplitude térmica que ocorre nos períodos noturnos, com quedas de temperaturas acentuadas durante a madrugada (COELHO, 2018).

Além disso, as pintainhas possui dificuldades na retenção do calor corporal, pelo fato de sua capacidade de termorregulação não estar bem desenvolvida. Dessa forma, torna-se necessário, para a maioria do território brasileiro, promover o aquecimento das aves nas duas primeiras semanas de vida (MENEGALI et al., 2013).

Com base nos resultados, podemos inferir que as pintainhas estiveram fora da faixa de conforto térmico na maior parte do período de aquecimento. De acordo com Carvalho et al. (2011), comprometendo o desempenho e a uniformidade do lote, pois do primeiro dia até aproximadamente a segunda semana de vida, as aves são extremamente sensíveis a faixas de temperaturas abaixo da faixa de conforto térmico para as pintainhas.

A partir da terceira semana de alojamento (Figura 6C), o sistema de aquecimento do pinteiro deixou de ser utilizado, sendo a manutenção da temperatura interna do aviário realizada por meio do manejo das cortinas, sendo este, realizado manualmente; elevadas nos horários mais quente e abaixadas nos horários mais frios.

Nos horários das 16h às 8h, a TA estava acima (26,4 – 31°C) dos valores relatados como ideais caracterizando o ambiente como de estresse por calor. No entanto, nos horários das 18 às 6h a TA variou de (21,1 – 25,5°C) inferiores ao recomendado (26°C) por Andrade et al. (2019), ocasionando estresse por frio para as aves.

Isso ocorreu devido as condições climáticas da região em estudo (semiárido brasileiro) caracterizado por elevada amplitude térmica entre o dia e a noite (OLGUN et al., 2007), e essas variações de temperatura causam uma distribuição desuniforme da TA nos galpões, resultando em estresse pelo frio para as pintainhas no período noturno ou estresse térmico por calor no período da tarde (CAO et al., 2014). Tal situação pode ser agravada devido ao sistema de criação de aves que era gaiolas, onde a densidade de alojamento elevada, o que dificulta as trocas de calor entre os animais e o ambiente (BLATCHFORD et al., 2016).

Observa-se que durante a quarta semana de vida das pintainhas os valores médios de TA Figura 6 D, variaram entre (23,3 a 31,9°C) e, tais valores foram mais elevados que aos estabelecidos por Andrade et al. (2019) (23°C), causando condições de estresse calórico para as aves.

Segundo Valadares (2015), grande parte do estresse térmico sofrido pelas aves é devido às elevações de temperatura e umidade relativa durante os períodos mais quentes do ano ou em regiões de temperaturas mais elevadas pode ser reduzido consideravelmente, protegendo as aves da radiação solar direta, ou reduzindo sua incidência para o interior das instalações avícolas.

De acordo com EMBRAPA (2010) & Andrade et al. (2019) a faixa de temperatura considerada ideal para quinta e sexta semana de vida das aves situa-se entre 23 a 19°C. Verificou-se nas Figuras 6E e 6F que para os horários das 18 às 6h a TA registrada variou de 23,3 a 24,2°C, respectivamente permanecendo próximo da faixa de conforto para as pintainhas.

Para a temperatura do ar externa verificou-se uma maior variação térmica, entre 20 e 42°C, como demonstra a Figura 6. Esta ΔT pode estar associada ao sistema de ventilação natural composto por quebra-ventos contribuindo para maior resfriamento no interior do galpão e a acentuada diminuição de temperatura durante a madrugada na região e a maior incidência de radiação solar direta no período da tarde elevando a TA (MENEGALI et al., 2013).

Os resultados demonstram que essa amplitude térmica no interior do galpão foi menor que (11,1°C) quando comparados ao ambiente externo em razão da construção do galpão que tem orientação correta (leste - oeste), onde a maior incidência de raios solares ocorre sobre o telhado (MENEGALI et al., 2013).

Ressalta-se que as gaiolas funcionaram como barreira impedindo que a ventilação natural chegue até a parte central, mantendo a temperatura das áreas mais internas do aviário em níveis mais elevados e constantes; áreas externas são mais expostas às correntes de vento tornando-se mais vulneráveis a oscilações térmicas (COELHO et al., 2015).

Os valores médios observados para a umidade relativa do ar no galpão variaram entre (52 - 84%) permanecendo das 0h às 6h acima do preconizado pela literatura (Figura 7). Já das 8h às 10h e das 18h às 22 h a UR mostrou-se próximo da faixa de conforto para aves. Com exceção das 12 às 16 horas onde a UR estava abaixo de 50%, levando as pintainhas a situação de desconforto durante esses horários para todas semanas analisadas. Embora a UR tenha apresentado uma elevada amplitude

entre os períodos analisados, a UR média ficou próxima da faixa de conforto recomendada pelo manual da linhagem 60 a 70% para pintainhas (LOHMANN, 2017).

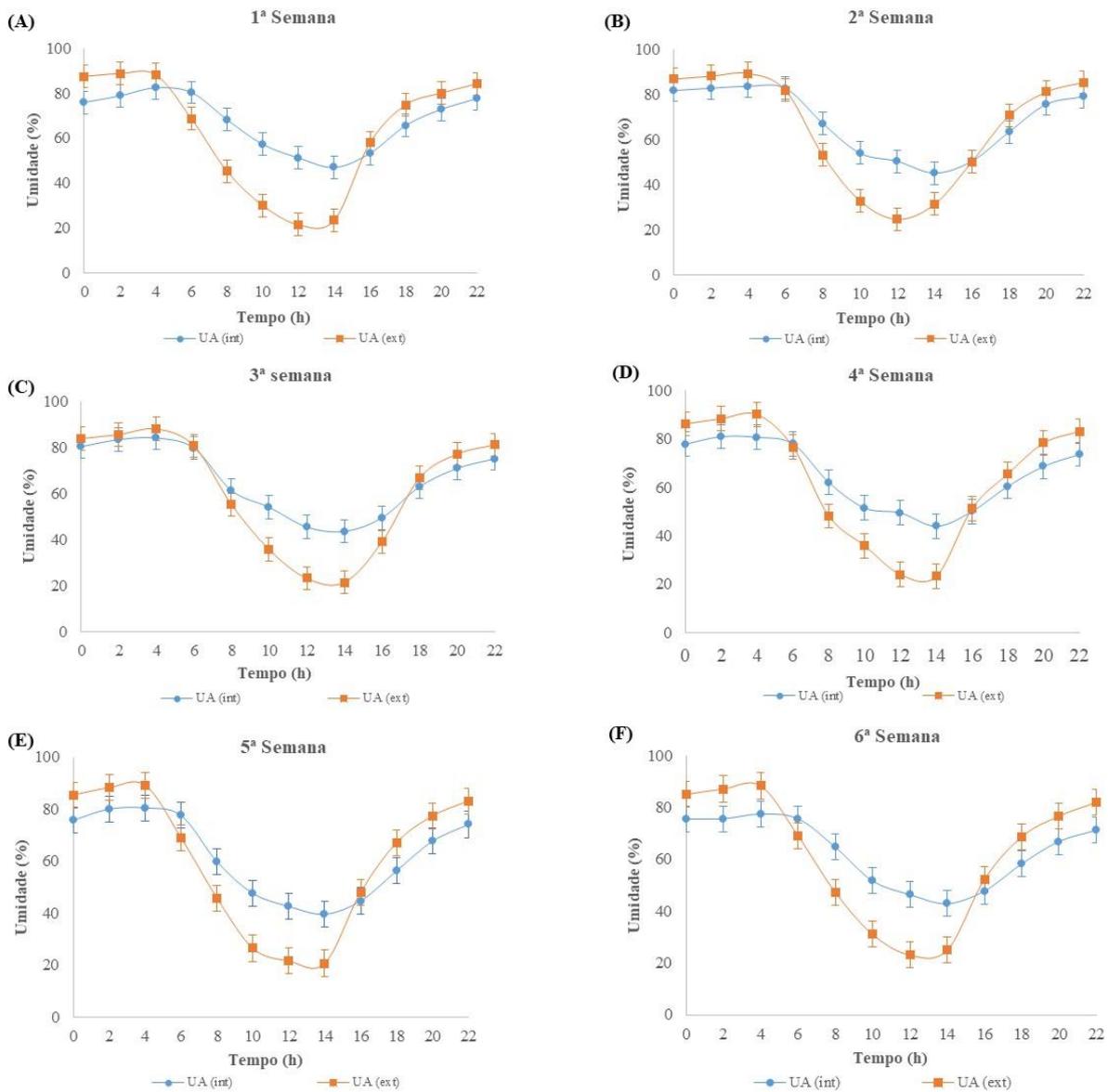


Figura 7. Comportamento da umidade relativa média do ar interna e externa do aviário nas diferentes semanas ao longo do dia

Ao analisar os valores do ambiente externo, foi possível observar que durante o período diurno os valores de UR foram inferiores ao período noturno 54 e 88%, respectivamente. A elevação noturna pode ser justificada devido ao ambiente externo ser mais exposto às correntes de vento, uma vez que este é o período mais frio do ciclo de 24 h, gerando essa variabilidade durante o monitoramento das variáveis climáticas (MENEGALI et al., 2013).

Pode-se observar a importância da instalação, no que diz respeito na melhora das condições de conforto dentro dos galpões, quando comparado com o ambiente externo. Pois, no interior do galpão

verifica-se uma menor amplitude das variáveis climáticas encontrando-se próximas da faixa considerada ideal para o bom desenvolvimento das aves (COELHO et al., 2015).

Verificou-se que durante a primeira e na segunda semana de vida das aves, os valores ITGU mínimos e máximos observados foram de 72 e 79, já na segunda semana os limites são de 70 a 79 (respectivamente, Figura 8A e 8B). Sendo este considerado o período mais crítico para pintainhas.

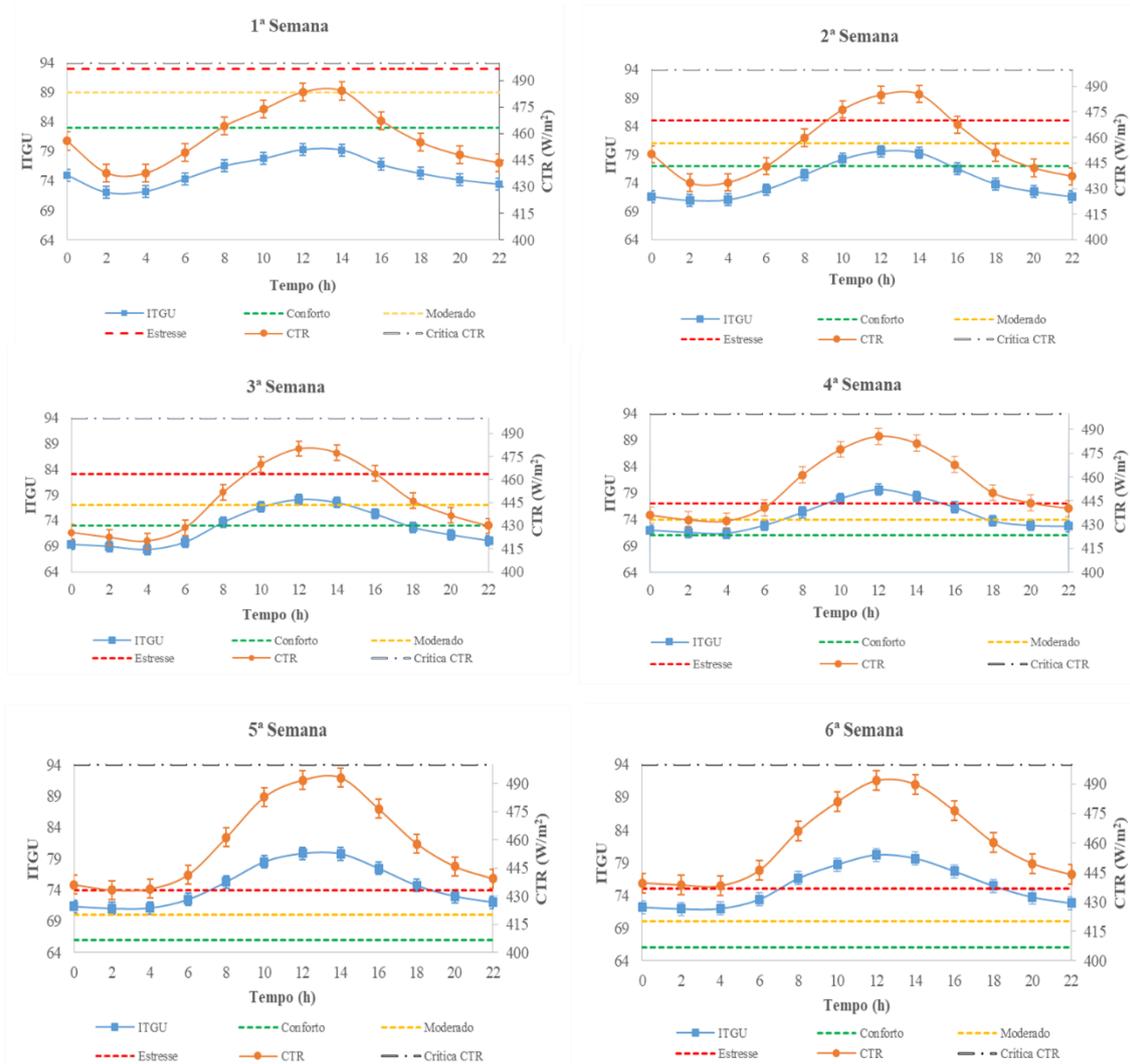


Figura 8. Valores médios de ITGU e CTR no galpão e os limites de conforto térmico para as semanas analisadas

Esses resultados podem ser explicados devido as aves nos primeiros dias de vida, não possuem ainda seu sistema termorregulador completamente desenvolvido, exigem que a temperatura do ambiente em que se encontram esteja dentro da faixa de conforto a fim de que consigam manter a própria homeotermia. (ANDRADE, 2017).

Os valores médios de ITGU permaneceram abaixo dos limites aceitáveis durante a primeira semana de vida das aves, pois os valores de ITGU devem permanecer entre 83 e 89 (ANDRADE et al., 2019). Enquanto para a segunda semana de vida das pintainhas a faixa de ITGU que representa conforto encontra-se entre 77 e 81. Sendo assim, o período de temperatura do ar mais elevada (11 às

16h) os resultados de ITGU estavam próximos a faixa ideal e uma situação de desconforto com a redução da TA nos horários das (17 às 10h), levando as aves a condições de estresse térmico.

Nas Figuras 8C e 8D, observa-se que os valores médios de ITGU para terceira e quarta semana de vida das pintainhas variaram de 73 a 77 e 71 a 74, respectivamente. Nos horários compreendidos entre 8 às 10 h e 14 às 16 h o ambiente proporcionou condições de conforto para as aves. Entretanto, para os horários das 18 h às 6 h as pintainhas foram submetidas a condições abaixo da faixa ideal de conforto e somente nos horários das 12 h as pintainhas estavam acima da faixa tolerável para as aves, caracterizando o ambiente térmico como sendo desconfortável para as pintainhas, na maior parte do experimento. Segundo Andrade et al. (2017) para o ambiente ser classificado como confortável, este deve permanecer de 73 e 70, para terceira e quarta semana, respectivamente.

O elevado índice de ITGU verificado nos horários das 12 horas, pode ser atribuído pela tipologia do galpão convencional e a elevada radiação, os materiais construtivos utilizados e por estarem alojadas em gaiolas de arame liso (sem enriquecimento ambiental) que dificultam a troca de calor com o ambiente (CASTILHO et al., 2015). Já que, a cobertura do galpão da pesquisa é confeccionada em telhas de aço galvanizado que apresenta um pior desempenho na manutenção do conforto térmico, no entanto tem uma durabilidade alta e é pouco dispendiosa (PAULINO et al., 2019).

Na quinta e sexta semana de vida das aves observou-se que os valores de ITGU permaneceram dentro da faixa (Figuras 8E e 8F), os valores de ITGU apresentaram-se crescentes das 20 às 10 h, com valores mais elevados nos horários das 11 às 15 h, tendo seu pico de valor máximo às 12 h (79), valores superiores ao considerado ideal para criação de aves comerciais.

Os valores médios de CTR observados na Figura 8 variaram entre 420,2 e 493,1 W/m² onde os maiores valores de CTR ocorreram em torno do meio dia, e os menores valores na madrugada, isso possivelmente ocorreu devido ao fato de que os valores neste estudo foram realizados na estação seca, caracterizado predominante quente e com mudanças repentinas de temperatura entre o dia e a noite (OLIVEIRA, 2010).

Estes valores ficaram próximos aos obtidos por Jácome et al. (2007) que encontraram valores de CTR variando de 460,1 a 481,5 W/m², em ambiente térmico para poedeiras em aviários sem aclimatação na região no Nordeste do Brasil, especialmente nos horários mais críticos do dia.

No presente estudo a CTR não ultrapassou o limite crítico nas semanas avaliadas que segundo a literatura é de 500 W/m² (GARCIA et al., 2015), pois estes valores são considerados como característicos de ambiente fora da faixa de conforto térmico para as aves. Portanto essa condição climática, permitiu que as pintainhas não ativassem os mecanismos de termorregulação, como também a capacidade das aves em se adaptar aos estressores climáticos (INDU & PAREEK, 2015), por meio de termorregulação fisiológica e comportamental.

Resultados semelhantes foram encontrados por Oliveira et al. (2015), em estudos com modelos de galpões com telhas térmicas e telhas de alumínio, encontraram valores de CTR que correspondem 466,2 e 482,2 W/m², respectivamente, no horário das 14 h.

Na Figura 9 estão apresentados peso vivo médio das aves para cada semana analisada experimental e a recomendada pelo manual da linhagem (LOHMANN, 2017). Observou-se que na segunda e terceira semana houve uma redução significativa de 10,1 e 5,1%, respectivamente, do PV das aves, quando comparado o PV neste período ao estabelecido pelo manual das linhagens.

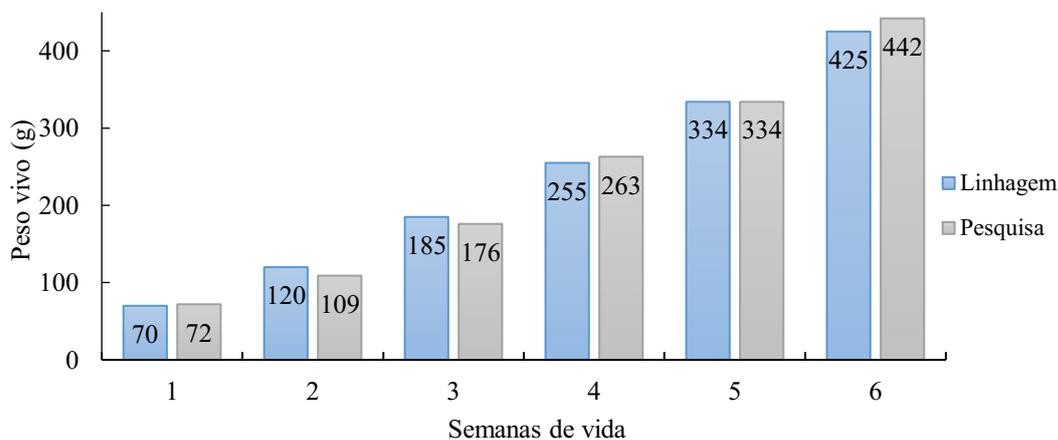


Figura 9. Valores médios semanais de peso vivo das pintainhas durante o período experimental e os valores de referência para linhagem.

Possivelmente, ocorrido devido ao processo de debicagem que, segundo Marchant-Forde e Cheng (2010), após a debicagem, as aves perdem a motivação pela busca de alimento resultando na alteração consumo de ração, devido a deformações anatômicas da forma do bico, conseqüentemente, há redução do PV, além disso, outro fato que pode ter contribuído para a diminuição do PV foi a disputa entre as aves pelo acesso a comedouros e bebedouros.

A partir da quarta semana até a última semana analisada, verificou-se uma elevação do PV. Isso pode ser explicado pela elevação do consumo de ração, após a cicatrização do bico das aves, fato este confirmado pelo aumento do PV nas demais semanas experimentais.

Verificou-se que os valores médios do ganho de peso durante a fase de aquecimento no período compreendido de 1 a 15 dias e na quinta semana não atingiram o GP esperado pelo manual da linhagem (Figura 10). No entanto, percebe-se que para a terceira, quarta e sexta semana de vida o ganho de peso obtido neste experimento apresentou um aumento em relação ao recomendado pela linhagem (LOHMANN, 2017). Portanto, o menor ganho de peso observado na segunda semana de vida das pintainhas, foi durante o processo de debicagem, provavelmente uma resposta à redução na ingestão de alimento e conseqüentemente reduzindo a produtividade. Os resultados encontrados na fase de cria podem ser explicados pela dor ou pela adaptação ao novo formato de bico provocada pelo procedimento que acarreta menor consumo de ração pelas aves durante algumas semanas (BARBOSA, 2019).

Ganho de peso das pintainhas

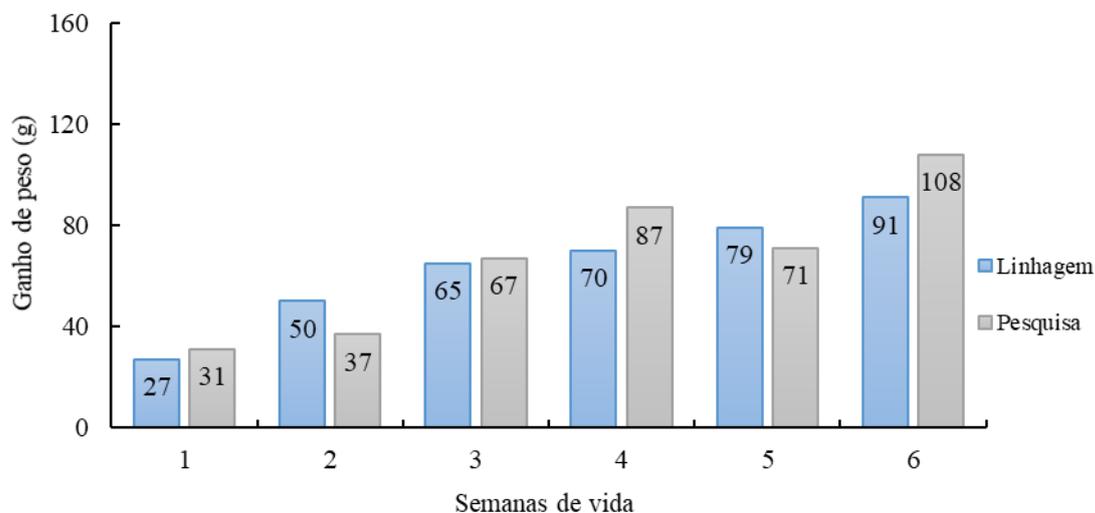


Figura 10. Valores médios semanais de ganho de peso das pintainhas durante o período experimental e os valores de referência para linhagem.

Ao avaliar o desempenho produtivo Dennis e Cheng (2009) encontraram resultados semelhantes aos relatados por que associaram as diferenças de ganho de peso à dor crônica visto as feridas provocadas pelo manejo com conseqüente menor consumo e pior desenvolvimento corporal.

A redução do ganho de peso durante a quinta semana de vida das aves, possivelmente pode ser justificado em razão do aumento dos valores de TA e ITGU durante os horários compreendidos das 9 h às 16 h, causando uma situação de estresse nas aves, nesta condição as pintainhas tendem a diminuir a troca de calor na forma sensível e intensificando a troca de calor via latente

Conclusão

Conclui-se que o ambiente térmico foi caracterizado como desconfortável para as aves nas duas primeiras semanas avaliadas, principalmente no período noturno, submetendo-as ao estresse por frio; no decorrer da terceira a sexta semana de vida das pintainhas verificou-se estresse por calor nos horários compreendidos das 10 às 16 h. Entretanto, os valores de CTR não interferiram nas condições de conforto térmico das aves.

A elevação da amplitude da temperatura e umidade relativa do ar foi constatada entre o microclima da instalação e o ambiente externo e o desempenho produtivo não sofreu influências negativas das oscilações diárias das variáveis ambientais no interior da instalação.

Referências

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, 2016.

- ALBINO, L. F. T.; CARVALHO, B. D.; MAIA, R.; BARROS, V. Galinhas poedeiras criação e alimentação. *Aprenda Fácil*, 2014. 376p.
- ANDRADE, R. R.; TINÔCO, I. F. F.; BAÊTA, F da C.; ALBINO, I. F. T.; CECON, P. R. Influence of different thermal environments on the performance of laying hens during the initial stage of rearing. *Engenharia Agrícola*, v.39, n.1, p.32-40, 2019.
- ANDRADE, R. R. Determinação da faixa de conforto térmico para galinhas poedeiras na fase inicial de criação. 64f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2017.
- ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. Relatório Anual (2019). Disponível em: <http://www.avisite.com.br/index.php?pageestatisticaseprecos&acaopintobranco>. Acesso em: 18 de dezembro, 2019.
- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. *Ambiência em edificações rurais: Conforto animal*. 2.ed. Viçosa: Editora UFV, 2010. 269p.
- BARBOSA, H. J. S. Desenvolvimento, produção e qualidade de ovos de poedeiras brancas e vermelhas submetidas a métodos de debicagem. 72f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2019.
- 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.
- BLATCHFORD, R. A.; FULTON, R. M.; MENCH, J. A. A utilização da avaliação da qualidade do bem-estar para determinar a condição das galinhas poedeiras em três sistemas de alojamento. *Poultry Science*, v.95, p.154-163, 2016.
- BOND, T. E.; KELLY, C. F. The globe thermometer in agricultural research. *Agriculture Engineering, California*, v.36, p.251-260, 1955.
- BUFFINGTON, D. E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G. H. Black globe humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. *Transactions of American Society of Agricultural Engineering*, v.24, n.3, p.711-714, 1981.
- CAO, G.; AWBI, H.; YAO, R.; FAN, Y.; SIRÉN, K.; KOSONE, R.; ZHANG, J. A review of the performance of different ventilation and airflow distribution systems in buildings. *Journal Building Environment*, v.73, p.171-186, 2014.
- CARVALHO, C. C. S.; SOUZA, C. F.; TINÔCO, I. F. F.; VIEIRA, M. F. A.; MINETTE, L. J. Segurança, saúde e ergonomia de trabalhadores em galpões de frangos de corte equipados com diferentes sistemas de abastecimento de ração. *Engenharia Agrícola*, v.31, p.438- 447, 2011.
- CASSUCE, D. C. Determinação das faixas de conforto térmico para frangos de corte de diferentes idades criados no Brasil. 96f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2011.
- CASTILHO, V. A. R.; GARCIA, R. G.; LIMA, N. D. S.; NUNES, K. C.; CALDARA, F. R.; NÄÄS, I. A.; BARRETO, B.; JACOB, F. G. Bem-estar de galinhas poedeiras em diferentes densidades de alojamento. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, v.9, n.2, p.122-131, 2015.

- COELHO, D. J. R.; TINÔCO, I. F. F.; VIEIRA, M. F. A.; MENDES, M. A. S. A.; SOUSA, F. C.; FRANÇA, L. G. F. Mapeamento do ambiente térmico de aviários de postura abertos em sistema vertical de criação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.19, n.10, p.996–1004, 2015.
- COELHO, D. J. de R. Ambiente térmico e aéreo de aviários sólidos de frangos de corte acondicionados artificialmente para condições climáticas do Brasil e Portugal. 164f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2018.
- CORADI, P. C.; MARTINS, M. A.; COSTA, D. R.; VIGODERIS, R. B.; TINÔCO, I. F. F. Computational Fluid Dynamics (CFD) simulating heated air from wood burning inside a poultries barn. *Engenharia Agrícola*, v.36, n.5, p.768–778, 2016.
- DENNIS, R. L.; FAHEY, A. G.; CHENG, H. W. Infrared beak treatment method compared with conventional hot-blade trimming in laying hens. *Journal of Poultry Science*, v.88, p.38–43, 2009.
- EMBRAPA. Sistemas de produção de frangos de corte. 2010.
- GALVARRO, S. F. S. Avaliação e caracterização de um sistema de aquecimento para aviários denominados tubos radiantes convectivos. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2017.
- GARCIA, R. G.; ALMEIDA PAZ, I. C. L.; CALDARA, F. R.; NAAS, I. A.; PEREIRA, D. F., FERREIRA, V. M. O. S. Selecting the most adequate bedding material for broiler production in Brazil. *International Journal of Poultry Science*, v.14, n.2, p.71-158.
- GARCIA, E. R. M.; NUNES, K. C.; CRUZ, F. K.; FERRAZ, A. L. J.; BATISTA, N. R.; BARBOSA FILHO, J. A. Comportamento de poedeiras criadas em diferentes densidades populacionais de alojamento. *Ciência Veterinária e Zoologia*, v.18, n.2, p.87-93, 2015.
- INDU, S.; PAREEK, A. A review: growth and physiological adaptability of sheep to heat stress under semiarid environment. *International Journal of Emerging Trends in Science and Technology*, v.2, p.3188-4918, 2015.
- LOHMANN. Lohmann do Brasil (2017). Guia de Manejo LSL LITE. Disponível em: <https://www.ltz.com.br/guia-manejo.html>. Acesso em: 29 out. 2019.
- Manual de manejo alojamento em gaiolas LOHMANN LSL-LITE. Edição Norte Americana Poedeiras (2018). Disponível: <https://docplayer.com.br/84077669-Lohmann-lsl-lite-na-poedeiras.html>. Acesso em 06 de fevereiro de 2019.
- MARCHANT-FORDE, R. M.; CHENG, H. W. Different effects of infrared and one-half hot blade beak trimming on beak topography and growth. *Journal Poultry Science*, v.89, p.2559-2564, 2010.
- MENEGALI, I.; TINÔCO, I. F. F.; CARVALHO, C. C. S.; SOUZA, C. F.; MARTINS, J. H. Comportamento de variações climáticas em sistemas de temperatura mínima para produção de pinturas de corte. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.17, n.1, p.106-113, 2013.
- OLGUN, M.; ÇELİK, M. Y.; POLAT, H. E. Determining of heat balance design criteria for laying hen houses under continental climate conditions. *Journal Building Environment*, v.42, n.1, p.355-365, 2007.

- OLIVEIRA, M. J. Incertezas associadas à temperatura do ar no contexto das mudanças climáticas: determinações das causas e efeitos de heterogeneidade e discussão das implicações práticas. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010.
- OLIVEIRA, J. A. Perdas produtivas em poedeiras comerciais em decorrência de estresse por calor. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2017.
- PAULINO, M. T. F.; OLIVEIRA, E. M.; GRIESER, D. O.; TOLEDO, J. B. Criação de frangos de corte e acondicionamento térmico em suas instalações. PUBVET, v.13, n.2, p.1-14, 2019.
- PONCIANO, P. F. Predição do desempenho produtivo e temperatura retal de frangos de corte durante os primeiros 21 dias de vida. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2011.
- RODRIGUES, V. C. Distribuição espacial e bem-estar de aves poedeiras em condições de estresse e conforto térmico utilizando visão computacional e inteligência artificial. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.
- SCHIASSI, L.; JUNIOR, T. Y.; FERRAZ, P. F. P.; CAMPOS, A. T.; SILVA, G. R. E.; ABREU, L. H. P. Comportamento de frangos de corte submetidos a diferentes ambientes térmicos. Revista Engenharia Agrícola, v.35, n.3, p.390-396, 2015.
- SOUSA, R. F.; BARBOSA, P. M.; TERCEIRO NETO, P. C.; CARVALHO, A. P.; SOUSA JÚNIOR, S. P.; ALENCAR, M. L. S Geotecnologia no estudo da evolução espaço-temporal da cobertura vegetal do município de São João do Cariri-PB. Revista Ambiental. v.4, n.2, p.60-67, 2007.
- SOUSA, W. G. Análise da variabilidade do vento no estado da Paraíba. Dissertação (Mestrado). Pós-graduação em Meteorologia. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2019.
- VALADARES, L. R. Avaliação do conforto térmico em uma granja comercial de frangos de corte com e sem pintura de telhado. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Diamantina, 2015.



Capítulo V

**RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE
COCORNAS EUROPEIAS
ALIMENTADAS COM
MACROALGAS MARINHAS**

*Airton Gonçalves de Oliveira
Dermeval Araújo Furtado
Cácio Ribeiro Cavalcanti
Patricio Gomes Leite
Nágela Maria Henrique Mascarenhas
Luíza Lira Leite*

Introdução

A adição de alimentos alternativos para as aves visa a redução nos custos de produção, mantendo ou melhorando o desempenho produtivo, a qualidade da carne e bem estar animal. Portanto, os alimentos alternativos devem possuir características peculiares que justifique seu uso na dieta animal devendo ser ricos em micronutrientes e macronutrientes similares aos ingredientes usados na formulação de ração a base de milho e soja. Outros fatores que podem influenciar o desempenho das aves, como as codornas, são as amplitudes térmicas elevadas que predominam em regiões de clima quente, como o Nordeste brasileiro.

O aumento da produção de ovos e carne é crescente ao desde de 2016 como comprovam os dados do IBGE no ano de 2019. De acordo com o relatório de pesquisa agropecuária municipal, o Brasil contava com aproximadamente 16,8 milhões de codornas em 2018 e passou para 2019 com mais de 17,4 milhões de codornas, se destacando com produção de 297,3 milhões de dúzias de ovos (IBGE, 2019), sendo os estados com maior contribuição na produção de ovos o Espírito Santo e São Paulo (SILVA et al., 2018) que mantiveram o crescimento no ano de 2019 e continuou como maior estado produtor de ovos de codorna do Brasil.

Esse crescimento é devido alguns fatores característicos da espécie, como o rápido crescimento, a precocidade na maturação sexual que é de 40 a 45 dias, a produtividade média de 300 ovos/ano e a necessidade de pequenos espaços (JEKE et al., 2018), contribuem para o aumento da criação de codornas de dupla aptidão, onde a carne e os ovos são boas alternativas para o consumo humano, principalmente em países em desenvolvimento (RAHMAN et al., 2016).

A exposição das aves a variações de temperatura entre o dia e a noite podem ser desfavoráveis e resulta em aumento da temperatura corporal e alcalose respiratória, o que 20 exerce impacto negativo sobre seu desempenho, e a eficiência alimentar, taxa de crescimento, sobrevivência, consumo de alimento e produção de ovos e carne podem ser afetados (SILVA et al., 2015). Logo, é imprescindível que alimentação alternativa possua propriedades que ajudem a regular alterações no metabolismo do animal. Entre outros objetivos da alimentação alternativa destaca-se a redução de custo com a alimentação e o reaproveitamento dos resíduos que normalmente são descartados na natureza de forma inadequada (ALBUQUERQUE et al., 2014) ou encontra-se de forma abundante a ponte de causar poluição ambiental visual é o caso das algas marinhas da espécie *sargassum sp.* Em contra partida proporcionando aos produtores de aves opções de alimentos que dê maior rentabilidade no final da produção e tenha contribuição positiva ao meio ambiente (JEKE et al., 2018), podendo-se utilizar outros resíduos como bagaço de cana, casca de arroz, sabugo de milho, caroço de algodão, etc.

O custo com a alimentação das codornas representa cerca de 70% do custo total de produção e vários os fatores que influenciam nas exigências nutricionais das aves, tais como a composição da dieta, o teor de fibra da ração, a idade e o nível de alimentação (NIETO et al., 1995). Segundo Silva et al. (2015b) as exigências nutricionais de codornas e frangos são diferentes, não se devendo utilizar as

mesmas formulações para as espécies, onde as codornas exigem mais proteína e aminoácidos e menos cálcio na ração. Silva et al. (2014) citam que a diferença é principalmente na taxa de passagem do alimento pelo trato digestório, o que influencia na digestibilidade e aproveitamento de nutrientes pelas aves.

Os alimentos ricos em proteínas e minerais são preferidos para alimentação alternativa, como é caso das algas e microalgas, onde algumas espécies são ricas em proteínas, carboidratos, minerais, vitaminas, pigmentos e extrato etéreo (CHISTI, 2007), dependendo do local onde foram cultivadas ou se desenvolveram de forma natural. Outras algas marinhas possuem características peculiares que as colocam em vantagem com relação a outras espécies que é sua capacidade de regulação metabólica.

A fração mineral de algumas algas corresponde a 36% do peso seco total. As algas pardas são conhecidas como uma fonte rica em iodo (mineral que atua no metabolismo de lipídios). As algas da família das Laminaria são a principal fonte e podem conter entre 1500 a 8000 ppm do peso seco total (FERNADES et al., 2020). Algumas algas são importantes fontes de cálcio, o conteúdo deste mineral pode chegar até 7% do peso seco total (PATARRA, 2008).

As propriedades nutricionais de algas são poucas conhecidas, em relação às de plantas terrestres, mas vários trabalhos têm mostrado que elas são pobres em lipídios, mas ricas em proteínas, polissacarídeos, minerais e vitaminas (El-KHOLY et al., 2017; DILKIN et al., 2018).

Atentando-se para ajustar os ingredientes nas proporções adequadas de nutrientes que as aves necessitam para seu pleno desenvolvimento. Nesse contexto a alimentação alternativa pode ser um viés diferenciado com objetivos econômicos e ambientais para pequenos e grandes produtores. Visto que, as macroalgas possuem nutrientes elevados, estas tornam-se destaque para adição em rações para codornas e podem ser uma alternativa na alimentação balanceada e com menor custo, já que possuem concentrações significativas de proteínas, similares a proteína do milho e abundância em minerais, com especificidades nas propriedades antioxidantes que podem auxiliar na regulação metabólica dos animais (GATRELL et al., 2014).

Na alimentação de aves e suínos o cálcio que é um mineral abundante e comum em espécies de algas marinhas possui um importante papel, principalmente para poedeiras, pois necessitam de grande concentração de cálcio disponível para formação da casca dos ovos e também frangos de corte e codornas, por possuírem uma alta taxa de crescimento em pouco tempo acarretando problemas na formação dos ossos, principalmente displasia tibial (LANA et al., 2020). As propriedades nutricionais de algas são poucas conhecidas, em relação às de plantas terrestres, mas pesquisas têm mostrado que elas são pobres em lipídios, mas ricas em proteínas, polissacarídeos, minerais e vitaminas (DILKIN et al., 2018).

Nesse contexto, objetivou-se avaliar a inclusão de farelo de macroalgas marinhas na alimentação de codornas europeias sobre as variáveis frequência respiratória, temperatura cloacal e temperatura superficial em condições de estresse térmico cíclico e condições naturais.

Material e Métodos

Os procedimentos realizados neste estudo foram aprovados pela Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil, Protocolo CEP N° 03/2021.

O presente estudo foi realizado no Laboratório de Construções Rurais e Ambiente – LaCRA (7°13'51" Sul, 35°52'54" Oeste), da Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil.

Foram utilizadas 240 pintainhas de codorna europeias (*Coturnix coturnix coturnix*), com idade inicial de um dia vida e peso médio de $8\pm 0,50$ g, adquiridos de incubatório comercial, vacinadas, vermifugadas e não sexadas.

Inicialmente as aves foram mantidas no círculo de proteção divididas por tratamento e recebendo água e ração ad libitum. Após 12 dias as aves foram transferidas para a câmara climática com temperatura de $32^{\circ}\text{C}\pm 2$ e alojadas em gaiolas de arame galvanizado para codornas com as seguintes dimensões: frente 100 x lateral 50 x altura 15 cm, arranjadas em 5 andares, com cada gaiola dividida em três partes, frente 33,3 x lateral 50 x altura 15 cm, totalizando uma área de $0,167\text{ m}^2$. Foram também submetidas a um programa de iluminação natural mais iluminação artificial de 24 horas.

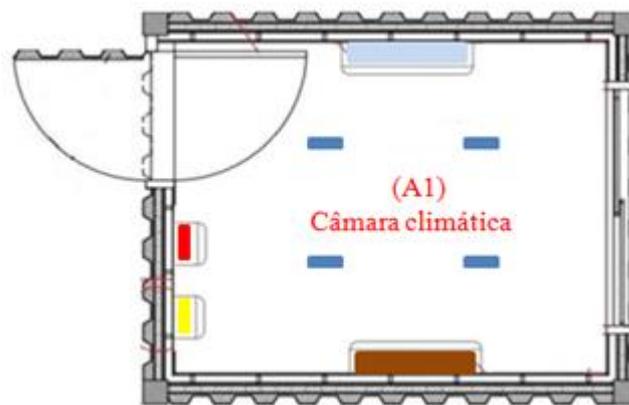


Figura 1. Layout do local do experimento. Fonte: Almeida (2020).

O período experimental iniciou de 14 dias até os 42 dias de vida das aves e foi arranjado em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (quatro níveis de inclusão de alga: 0; 2,5; 5 e 7,5 %) com 6 repetições em cada parcela experimental. O fornecimento de ração e água foram ad libitum. O farelo de alga marinha (*Sargassum sp*) foi incluído na dieta em níveis crescentes (0,0; 2,5; 5,0 e 7,5%). Os dados foram avaliados por meio de análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade através do procedimento GLM (General Linear Model) e foram submetidos a regressão pelo PROC REG do SAS® (2002).

A partir do segundo dia de adaptação ao experimento com as codornas submetidas ao estresse térmico, uma vez por dia (09 às 10 horas) a cada 3 dias durante toda a fase experimental foram mensuradas a temperatura cloacal (TC), superficiais temperaturas (TS) e frequência respiratória (FR) nos dois ambientes ao mesmo tempo, com exceção da temperatura superficial que foi feita no

ambiente natural entre 12 horas às 13 horas.

Na medição da temperatura cloacal, foi utilizado o termômetro digital com haste rígida Bioland® modelo T102, com $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ de precisão, com o sensor (sonda 400) inserido na cloaca das aves, até a estabilização ser indicada por um sinal sonora. A coleta da frequência respiratória foi realizada, capturando uma ave por vez e aguardando a estabilização da respiração, em seguida foi realizada a contagem dos movimentos peitorais, por um período médio de tempo de 15 segundos, e o resultado foi multiplicado por quatro, totalizando os movimentos obtidos em 1 minuto (mov/min).

A temperatura superficial das aves, foi determinada através de fotografias no infravermelho termal, foi obtida com a utilização de uma câmera termográfica modelo TI 55FT FlexCam® da marca Fluke, sendo esta calibrada antes do início dos registros, e emissividade igual a 0,95, com resolução da câmera de $0,05^{\circ}\text{C}$. As imagens foram capturadas a distância aproximadamente de 50 centímetros das aves, de forma a fazer o registro de perfil das aves conforme Figura 2.



Figura 2. Termogramas das aves na câmara climática e no galpão respectivamente.

As imagens foram analisadas pelo software SmartView na versão 4.3, considerando 3 regiões corporais distintas: cabeça, pata e asa conforme figura 2 e a temperatura superficial média (TSM) foi calculada por meio da adaptação da equação proposta por Richards (1971).

$$\text{TSM} = (0,82*\text{TRA}) + (0,03*\text{TRC}) + (0,15*\text{TP}) \text{ (Eq.1)}$$

Em que: TA = temperatura da região da asa ($^{\circ}\text{C}$), TC = temperatura da região da cabeça ($^{\circ}\text{C}$), TP = temperatura da pata ($^{\circ}\text{C}$).

Para a confecção do farelo de algas foram utilizadas algas marinhas do gênero *Sargassum*, família Sargassaceae e espécie *Sargassum* sp, sendo a coleta realizada pelo aproveitamento de algas

desprendidas por ação das ondas marítimas, denominadas de “algas arribadas”, sem prejuízos ao meio ambiente e comprometimento da fauna e flora. As algas foram armazenadas em sacos permeáveis com ventilação natural para transporte ao LACRA, onde foram retiradas e colocadas em ambiente ventilado e posteriormente iniciou-se o processo de limpeza, secagem e trituração do material para incorporação na ração.

A alimentação alternativa foi com algas marinhas do gênero *Sargassum*, da família Sargassaceae e espécie *Sargassum sp.* A coleta foi feita pelo aproveitamento de algas desprendidas por ação das ondas marítimas as chamadas algas arribadas sem nenhum prejuízo ao meio ambiente e sem comprometimento da fauna e flora. As algas foram armazenadas em caixa térmica para transporte até chegada no laboratório de construções rurais e ambiência – LaCRA, onde foram retiradas da caixa térmica e colocadas em ambiente ventilado e posteriormente iniciou-se o processo de limpeza.

O processo de limpeza consiste na retirada de prováveis “contaminantes” epífitas e fauna associadas a essas algas. Sendo feita por meio de 3 (três) etapas de lavagem com água corrente doce, para escorrimento da areia e sal da água do mar e verificação minuciosa de presença de poluentes antrópicos como plásticos, cabelos, restos mortais da fauna marinha, etc., sendo estes retirados de imediato.

Após o processo de triagem e lavagem descrito anteriormente a matéria prima foi colocada em camada fina sobre um papel solvente para absorver o excesso de água e secar a sombra durante um período de 7 dias e então foram pesadas e colocadas para secar em uma estufa a 65°C, permanecendo nesta até atingir massa seca constante.

Depois da retirada da estufa o material foi colocada para esfriar naturalmente e triturado por uma forrageira até ficar na granulometria do farelo de soja e milho. Com o farelo de sargassum pronto, foi encaminhado amostras para um laboratório para as análises de minerais. Também foi feito uma análise de toxidade do material para garantir seu uso na alimentação das codornas sem riscos vitais para as mesmas.

Tabela 1. Ingredientes e composição nutricional utilizados na formulação de ração para codornas europeias em duas fases

Fase I (1-21 dias)				
Ingredientes (%)	Níveis de inclusão de farelo de <i>sargassum</i>			
	0%	2,50%	5,00%	7,50%
Milho	51,82	47,79	43,76	39,72
Farelo de soja	42,00	41,97	41,94	41,91
Farelo de Sargassum	0,00	2,50	5,00	7,50
Fosfato bicálcico	0,14	0,14	0,14	0,14
óleo de soja	1,04	2,61	4,17	5,73
Núcleo	5	5	5	5
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada				
Energia met. Aves (Kcal/kg)	2900,00	2900,00	2900,00	2900,00
Proteína bruta (%)	25,00	25,00	25,00	25,00
Calcário total (%)	1,10	1,25	1,41	1,57
Fósforo disponível (%)	0,38	0,38	0,38	0,38
Sódio (%)	0,22	0,23	0,23	0,24
Arginina (%)	1,52	1,51	1,49	1,476
Treonina (%)	0,80	0,79	0,78	0,77
Isoleucina (%)	0,95	0,93	0,92	0,912
Triptofano (%)	0,28	0,28	0,27	0,271
Valina (%)	1,02	1,00	0,99	0,973
Leucina (%)	1,85	1,81	1,77	1,726
Lisina (%)	1,33	1,32	1,31	1,303
Metionina (%)	0,38	0,37	0,36	0,355
Metionina + cistina (%)	0,71	0,70	0,68	0,67
Fase II (21-42 dias)				
Ingredientes (%)	Níveis de inclusão do farelo de <i>sargassum</i>			
	0%	2,50%	5,00%	7,50%
Milho	58,37	54,34	50,31	46,28
Farelo de soja	34,3	34,27	34,24	34,21
Farelo de Sargassum	0,00	2,50	5,00	7,50
Fosfato bicálcico	0,00	0,00	0,00	0,00
óleo de soja	2,33	3,89	5,45	7,01
Núcleo	5	5	5	5
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada				
Energia met. Aves (Kcal/kg)	3050,00	3050,00	3050,00	3050,00
Proteína bruta (%)	22,00	22,00	22,00	22,00
Calcário total (%)	1,04	1,19	1,35	1,51
Fósforo disponível (%)	0,34	0,34	0,34	0,34
Sódio (%)	0,219	0,226	0,234	0,242
Arginina (%)	1,30	1,29	1,27	1,25
Treonina (%)	0,70	0,69	0,68	0,67
Isoleucina (%)	0,81	0,80	0,79	0,78
Triptofano (%)	0,24	0,24	0,23	0,23
Valina (%)	0,89	0,87	0,86	0,84
Leucina (%)	1,66	1,62	1,58	1,54
Lisina (%)	1,14	1,14	1,13	1,12
Metionina (%)	0,34	0,34	0,33	0,32
Metionina+cistina (%)	0,64	0,63	0,62	0,60

¹Suplemento vitamínico: vit. A:10.000.000 U.I; vit D3: 2.500.000 U. I; vit. E: 6.000 U. I; vit. K: 1.600mg; vit B12: 11.000; Niacina: 25.000mg; Ferro:2125 mg.kg⁻¹; Zinco:56 mg.kg⁻¹; Cobre: 56 mg.kg⁻¹; Manganês: 68 mg.kg⁻¹.

O experimento foi conduzido de acordo com os dados ambientais nas Figuras 3 e 4. As variáveis ambientais temperatura do ar (TA), umidade relativa do ar (UR) e temperatura do globo

negro (TNG) foram obtidas por meio de datalogger KR42, fazendo registros em intervalos de 5 minutos durante todo período experimental, e o programa de iluminação utilizado foi de 24 horas de iluminação artificial.

Foram registrados durante o experimento os valores de temperatura e umidade relativa do ar média durante o período de estresse térmico de 32,2°C e 69,76% respectivamente. Nas demais horas foram registrado temperatura média de 27,16°C e umidade relativa de 71,02%. Com os dados de temperatura e umidade relativa do ar foram calculados o índice de temperatura e umidade (ITU), conforme formula adaptada por Lallo et al. (2018) e o índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU). Foram obtidos valores de médios de ITU e ITGU durante o estresse térmico de 31,56 e 83,22 respectivamente. Nas demais horas foram obtidos ITU e ITGU médios de 26,33 e 76,11, respectivamente.

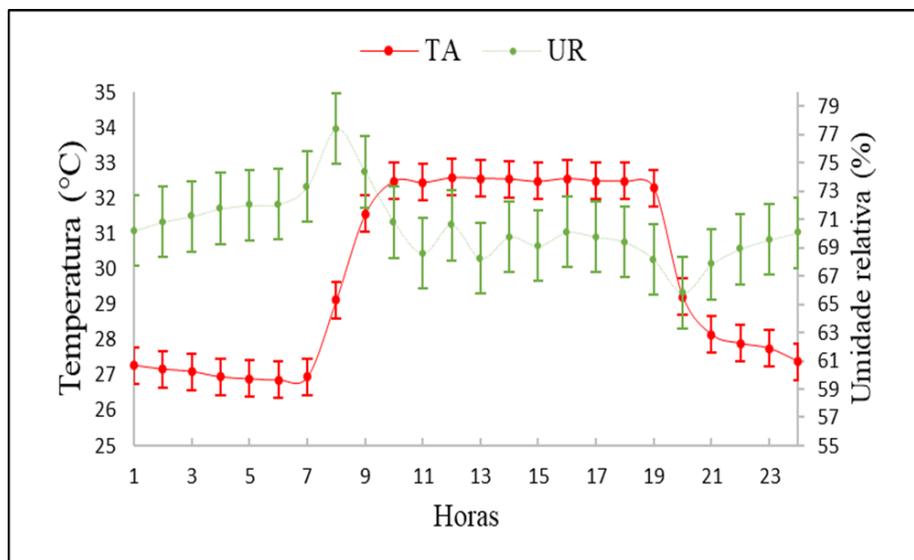


Figura 3. Médias da temperatura e umidade relativa do ar.

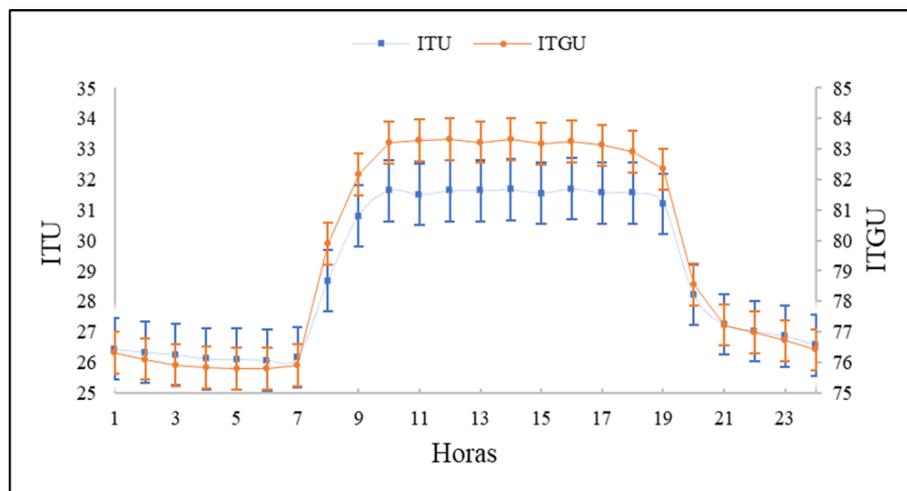


Figura 4. Médias do índice de temperatura e umidade e índice de temperatura globo negro e umidade.

Resultados e Discussão

Para as variáveis fisiológicas não foram identificadas interações entre os ambientes em função da inclusão do farelo de *sargassum*. Sendo que, ocorreram diferenças significativas entre os ambientes. A variável frequência respiratória não teve diferença significativa entre os ambientes. Dependendo da temperatura e da umidade relativa do ar, as aves podem aumentar sua frequência respiratória em até 10 vezes (CASTILHO et al., 2015).

Segundo Hoffman e Volker (1969), a elevação da taxa respiratória de aves acima dos 40 movimentos por minuto quando submetidas a altas temperaturas é normal, por se tratar de um dos mecanismos mais eficientes para perda de calor, corroborando com os resultados encontrados nesta pesquisa para primeira fase. Ribeiro et al. (2016) trabalhando com codornas europeias e temperaturas estresse térmico entre 30,8 e 29,6 no período da manhã e tarde respectivamente encontrou resultados diferentes para o período total, visto que a FR média foi de 65 mov/min e nessa pesquisa não teve diferença significativa ficando em torno de 73,69 mov/min. Tais resultados podem ser fruto dos tratamentos utilizados e 3°C de diferença entre as pesquisas.

Os resultados desta pesquisa indicam que o farelo de *sargassum* tem o potencial de influenciar significativamente variáveis fisiológicas, mas os efeitos são altamente dependentes dos ambientes e dos níveis de inclusão. A inclusão moderada desse suplemento na dieta parece proporcionar benefícios, como melhora na digestibilidade e parâmetros sanguíneos saudáveis (HAFSA et al., 2019). No entanto, em níveis de inclusão mais altos, observaram-se efeitos negativos, como redução no consumo alimentar e no ganho de peso (OLIVEIRA et al., 2023).

Além disso, os resultados destacam a importância de avaliar o equilíbrio entre os benefícios e os possíveis efeitos adversos ao considerar a inclusão do farelo de *sargassum* nas rações. Também é crucial entender como os ambientes, como a temperatura e a qualidade da água, podem afetar a resposta fisiológica dos animais a esse suplemento.

Observa-se pela tabela 2 que a temperatura cloacal foi afetada significativamente pelo ambiente e não sofreu interferência dos níveis de inclusão do farelo de *sargassum*. Sendo registrado o valor mínimo de 40,74 no galpão e o máximo de 41,33°C na câmara climática. Rodrigues et al. (2016) em trabalhos com codornas japonesas submetidas a ambiente com temperatura média de 25°C, encontraram valores de temperatura cloacal entre 41 e 42°C, concluindo que os animais não sofreram desconforto. Furtado et al. (2013), estudando sobre o efeito do balanço eletrolítico nos parâmetros fisiológicos de codornas, encontraram valores temperatura cloacal dentro da média considerada normal para aves entre 41 a 42,5°C, concluindo que as aves estavam em conforto e mantiveram a homeotermia.

Constatou-se que as codornas mantidas no ambiente de calor, apresentaram temperatura cloacal média de 41,27°C, sendo estas mais elevadas em comparação àquelas criadas em ambiente de conforto 40°C Orhan et al. (2020), ou seja, em situações de temperaturas mais elevadas ocorreu aumento nos valores médios da TC. No entanto, nas duas condições ambientais, as médias encontradas

estão dentro da faixa considerada normal para a espécie, visto que de acordo com Castilho et al. (2015), e Vercese et al. (2012), a temperatura interna das aves quando adultas pode variar de 41 a 42°C, dependendo da idade, peso corporal, sexo, atividade física, consumo de ração e ambiente térmico do galpão.

Tabela 2. Efeito dos ambientes e níveis de inclusão do farelo de *sargassum* nas variáveis fisiológicas

Var	Níveis de inclusão do farelo de <i>sargassum</i> -Ni (%)				C. climática	EPM	Valor de P		
	0,0	2,5	5,0	7,5	2		Ni	G	Ni*G
Período experimental (14 a 42 dias de idade)									
FR	71,43a	68,67a	70,61a	75,16a	73,69a	8,35	0,297	0,075	0,282
TC	41,06a	41,14a	41,14a	40,98a	41,27a	0,18	0,108	<.001	0,915
TS	35,90ab	35,58b	36,00a	36,10a	37,21a	0,38	0,098	<.001	0,324

Letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Tukey; EPM= erro padrão da média; FR=frequência respiratória (mov./min); TR = temperatura cloacal (°C); TS=temperatura superficial (°C); Var- Variáveis.

Ocorreram diferenças significativas na variável temperatura superficial (TS) das aves em função dos ambientes (Tabela 1) e não houve interferência dos níveis de inclusão do farelo de *sargassum*. A temperatura corporal superior na câmara climática quando comparada a pesquisas com temperaturas abaixo de 28°C como a Almeida (2020). Resultados semelhantes foram encontrados por Santos et al. (2019) relataram que foi significativo a temperatura superficial de codornas japonesas submetidas a variações 17–35°C observando a elevação de 41,9°C na temperatura de 29°C para 48,2°C a uma temperatura de 35°C identificando o aumento da TS com o aumento da temperatura em 6,3°C. A diferença entre os resultados encontrados por Santos et al. (2019) e os da pesquisa, pode estar relacionado a alimentação alternativa utilizada (farelo de *sargassum*).

Resultados semelhantes também foram encontrados por Orhan et al. (2020) onde não foram detectadas interações entre a temperatura ambiente e a suplementação de taurina (P> 0,05). De acordo com Jerem et al. (2018), a temperatura da superfície corporal pode integrar vários aspectos do estado fisiológico. Os animais usam várias formas para manter a homeostase e a termorregulação e, quando submetidos a temperaturas ambientes elevadas, tentam obter perda de calor por evaporação, vasodilatação e transpiração.

Outros autores como por Guo et al. (2020) identificou a diminuição dos níveis de malondialdeído (MDA) com a suplementação de taurina pode ter contribuído para redução do estresse térmico causado pelo ambiente. Os resultados da presente pesquisa quanto a menor temperatura superficial comparadas às encontradas na literatura pode estar relacionado a alimentação de farelo de *sargassum* no controle do metabolismo quando as aves são submetidas ao estresse térmico. Segundo Schaffer e Kim (2018) acredita-se que, a taurina protege contra o estresse oxidativo evitando os danos as enzimas desde que presentes em quantidades que não comprometam o funcionamento do organismo da ave.

Essa discussão de resultados fornece informações valiosas para pesquisadores, nutricionistas e

produtores interessados em utilizar o farelo de sargassum como parte da dieta de animais, destacando a necessidade de considerar cuidadosamente os níveis de inclusão e o contexto ambiental para otimizar os benefícios fisiológicos desse suplemento.

Conclusão

As variáveis fisiológicas temperatura cloacal e temperatura superficial foram superiores no ambiente de estresse térmico, o que implica não haver relação da inclusão do farelo de sargassum sp com o controle destas variáveis em temperaturas de estresse térmico. A frequência respiratória não foi afetada pela inclusão e nem pelos ambientes.

Referências

- ACCIOLY, L. J. DE O. Degradação do solo e desertificação no nordeste do Brasil. Boletim Informativo.
- CASTILHO, V. A. R.; GARCIA, R. G.; LIMA, N. D. S.; NUNES, K. C.; CALDARA, F. R.; NÄÄS, I. A.; BARRETO, B.; JACOB, F. G. Bem-estar de galinhas poedeiras em diferentes densidades de alojamento. *Brazilian Journal of Biosystems Engineering*, v.9, p.122-131, 2015.
- ALMEIDA, B. G. Desempenho produtivo e variáveis fisiológicas de codornas de corte mantidas em diferentes ambientes e densidades de criação. 70f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2020.
- ALBUQUERQUE, C. S.; RABELLO, C. B. V.; SANTOS, M. J. B. et al. Chemical composition and metabolizable energy values of corn germ meal obtained by wet milling for layers. *Rev. Bras. Cienc. Avic.*, v.16, p.107-112, 2014.
- RIBEIRO, T. L. A.; SOUZA, B. B.; BRANDÃO, P. A.; ROBERTO, J. V. B.; MEDEIROS, T. T. B., SILVA, J. J.; CARVALHO JÚNIOR, J. E. M. Diferentes níveis de proteína e energia sobre o comportamento fisiológico e desempenho de codornas europeias no semiárido brasileiro. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, v.4, p.76-83, 2016.
- EL-KHOLY, M. S.; EL-HINDAWY, M. M.; ALAGAWANY, M.; EL-HACK, M. E. A.; EL-SAYED, S. A. E. A. Dietary supplementation of chromium can alleviate negative impacts of heat stress on performance, carcass yield, and some blood hematology and chemistry indices of growing Japanese quail. *Biological Trace Element Research*, v.179, n.1, p.148-157, 2017.
- GATRELL S.; LUM K.; KIM J.; LEI X. G. Nonruminant Nutrition Symposium: Potential of defatted microalgae from the biofuel industry as an ingredient to replace corn and soybean meal in swine and poultry diets. *J. Anim. Sci.*, 92, v.4, p.1306-14, 2014.
- GUO, Y.; ZHI-HUI, Z.; ZI-YI, P.; LI-LONG, A.; BALASUBRAMANIAN, B.; WEN-CHAO, L. New insights into the role of dietary marine-derived polysaccharides on productive performance, egg quality, antioxidant capacity, and jejunal morphology in latephase laying hens. *Poultry Science*, v.99, p.2100-2107, 2020.
- HAFSA, S. H. A.; ZEWEIL, H. S.; ZAHRAN, S. M.; AHMED, M. H.; DOSOKY, W.; RWIF, N. A. Effect of dietary

supplementation with green and brown seaweeds on laying performance, egg quality, and blood lipid profile and antioxidant capacity in laying Japanese quail. *Egyptian Poultry Science Journal*, v.39, n.1, p.41-59, 2019.

RODRIGUES, L. R.; FURTADO, D. A.; COSTA, F. G. P.; NASCIMENTO, J. W. B.; CARDOSO, E. A. Thermal confort index, physiological variables and performance of quails fed with protein reduction. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.20, p.378-384, 2016.

HOFFMANN, G.; VOLKER, H. *Anatomía e fisiología de las aves domésticas*. Editorial Acribia, Zaragoza. Espanha, 1969. 190p.

VERCESE, F.; GARCIA, E. A.; SARTORI, J. R.; SILVA, A. P.; FAITARONE, A. B. G. I.; BERTO, D. A. I.; MOLINO, A. B.; PELÍCIA, K. Performance and egg quality of Japanese quails submitted to cyclic heat stress. *Brazilian Journal Poultry Science*, v.14, p.37-41, 2012.

FERNANDES, R. T. V.; GONÇALVES, A. A.; ARRUDA, A. M. V. Production, egg quality, and intestinal morphometry of laying hens fed marine microalga. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.49, p1-14, 2020.

FURTADO, D. A.; MOTA, J. K. M.; NASCIMENTO, J. W. B.; SILVA, V. R.; TOTA, L. C. A. Produção de ovos de matrizes pesadas criadas sob estresse térmico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, p.748-753, 2013.

JEREM, P.; JENNI-EIERMANN, S.; HERBORN, K.; MCKEEGAN, D.; MCCAFFERTY, D.J.; NAGER, R.G. Eye region surface temperature reflects both energy reserves and circulating glucocorticoids in a wild bird. *Scientific Reports*, v.8, p.1-10, 2018.

ORHAN, C.; KUCUK, O.; SAHIN, N.; TUZCU, M.; SAHIN, K. Effects of taurine supplementation on productive performance, nutrient digestibility and gene expression of nutrient transporters in quails reared under heat stress. *Journal Thermal Biology*, v.92, p.1-8, 2020.

SANTOS, T. C.; GATES, R. S.; TINÔCO, I. F. F.; ZOLNIER, S.; ROCHA, K. S. O.; FREITAS, L. C. S. R. Productive performance and surface temperatures of Japanese quail exposed to different environment conditions at start of lay. *Poultry Science*, v.98, p.2830-2839, 2019.

SILVA, A. F.; SGAVIOLI, S.; DOMINGUES, C. H. F.; GARCIA, R. G. Coturnicultura como alternativa para aumento de renda do pequeno produtor. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.70, p.913-920, 2018.

SILVA, M. C.; SIQUEIRA, J. C.; VAZ, R. G. M. V.; RODRIGUES, K. F.; SILVA, G. F.; NEIVA, A. C. G. R.; SILVA, G. F.; FONSECA, F. L. R.; SOUSA, C. F. A.; CUNHA, L. P. N. Substituição do farelo de soja pela torta de babaçu em rações para frangos de corte dos 22 aos 42 dias de idade. *Semina: Ciências Agrárias*, v.36, n.2, p.1099-1110, 2015b.

SILVA, R. C.; RODRIGUES, L. R.; RODRIGUES, V. P.; ARRUDA, A. S.; SOUZA, B.B. Análises do efeito do estresse térmico sobre produção, fisiologia e dieta de aves. *Revista Agropecuária Científica no Semiárido*, v.11, n.2, p.22-26, 2015.

SILVA, L. N. S.; FERNANDES, R. T. V.; ARRUDA, A. M. V.; SILVA, M. C. P. Digestibilidade de Rações com Fenos de Forrageiras para Galos Isa Label. *Acta Veterinaria Brasilica*, v.8, p.96-100, 2014.

SCHAFFER, S.; KIM, H. W. Effects and mechanisms of taurine as a therapeutic agent. *Biomolecules & Therapeutics* (Seoul), v.26, p.225–241, 2018.

GUO, Y.; ZHI-HUI, Z.; ZI-YI, P.; LI-LONG, A.; BALASUBRAMANIAN, B.; WEN-CHAO, L. New insights into the role of dietary marine-derived polysaccharides on productive performance, egg quality, antioxidant capacity, and jejunal morphology in latephase laying hens. *Poultry Science*, v.99, p.2100–2107, 2020.

JEKE, A.; PHIRI, C.; CHITIINDINGU, K.; TARU, P. Nutritional compositions of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) breed lines raised on a basal poultry ration under farm conditions in Ruwa, Zimbabwe. *Cogent Food & Agriculture*, v.4, n.1, p.1-8, 8, 2018.



Capítulo VI

PRODUÇÃO DE OVOS DE CODORNAS SUBMETIDAS A AMBIENTES ILUMINADOS COM LÂMPADAS DE LED DE DIFERENTES COMPRIMENTOS DE ONDA

*José Roberto Barbosa Braz
Dermeval Araújo Furtado
Jose Wallace Barbosa do Nascimento
José Pinheiro Lopes Neto
Daniele Lopes de Oliveira
Felipe Lira Furtado
Luiza Lira Leite*

Introdução

Duas linhagens de codornas são predominantemente criadas no Brasil, a *Coturnix coturnix japonica* para produção de ovos e a *Coturnix*, de origem europeia, utilizada para produção de ovos e carne. A coturnicultura é uma atividade com baixo investimento inicial, utiliza pouca mão de obra e pequenas áreas para produção, gerando poucos resíduos, além das aves serem precoces e produtivas, portanto, pode ser uma atividade alternativa de alimentação e renda, principalmente para os pequenos produtores rurais (SOUZA et al., 2014), como as de semiárido brasileiro.

Sistemas artificiais de iluminação artificial tem sido utilizado na criação de frango de corte, galinhas poedeiras e plantéis para reprodução, para aperfeiçoar o ganho de peso, controlar a idade para maturidade sexual e aumentar a produção e qualidade dos ovos (ARAÚJO et al., 2011) e, quanto mais luz for fornecida às poedeiras, melhor poderá ser o desempenho das aves.

A energia elétrica oriunda de recursos naturais está mais escassa e onerosa e, os sistemas de produção estão se atentando a tecnologias que visam racionalizar o uso da energia (GEWEHR & FREITAS, 2007). A utilização de LED apresenta vantagem na produção avícola, pois além da redução do consumo de energia, também pode ser adaptado em relação à curva de sensibilidade espectral (visão) das aves, fornecendo uma fonte de luz que emita raios de luz mais apropriados para as aves (PRESCOTT & WATHES, 2001). Lâmpadas mais eficientes, baratas e com maior durabilidade, como é o caso das LED, podem reduzir o consumo de energia, são possíveis de se adaptarem em relação à curva de sensibilidade espectral (visão) das aves, fornecendo luminosidade apropriada e aumento do fotoperíodo, que para produção de ovos em codornas deve ser, em média, de 14 a 17 horas de luz/dia, propiciando maior produção e qualidade adequada dos ovos, bem como economia de energia, reduzindo o custo de produção (JÁCOME et al., 2012; MOLINO et al., 2015)

As codornas são tolerantes as condições de calor (PETRUCCI et al., 2017; AKDEMIR et al., 2019), no entanto, como animais homeotermos, precisam manter a temperatura corporal constante, com estreita faixa de variação (RIBEIRO et al., 2016). A alta temperatura do ar pode ser prejudicial às aves poedeiras, pelo aumento da mortalidade, perda de condição corporal, diminuição do consumo de ração e qualidade e quantidade dos ovos produzidos (UMIGI et al., 2012), comprometendo o desempenho das aves (GUIMARÃES et al., 2014). A temperatura do ar deve situar-se entre 21 e 26°C e a umidade relativa do ar entre 65 e 70%, com o índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) de 69 a 77 (EL-TARABANY, 2016; CASTRO et al., 2017).

A pesquisa teve como objetivo avaliar o desempenho produtivo e a qualidade dos ovos de codorna, quanto aos efeitos luminosos utilizando-se lâmpadas LED em diferentes espectros de cores.

Material e Métodos

A pesquisa foi realizada nas instalações do Laboratório de Construções Rurais e Ambiente da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, no município de Campina Grande, PB, que se encontra nas coordenadas geográficas 07°13'50" S e 35°52'52" W a uma altitude de 551m. A

precipitação varia entre 600 a 800 mm/ano e o clima, segundo Köppen, é do tipo As' (tropical quente e úmido com chuvas de outono-inverno) conforme AESA (2011).

O galpão utilizado era construído em alvenaria, cobertura com telhas de composto cimento-sisal e forro de isopor, com área de 7,30 m², dividido em três ambientes (Figuras 1A, B) iluminados com lâmpadas LED de cor branca (G1), vermelha (G2) e azul (G3), onde cada ambiente foi iluminado com três lâmpadas de 5 W de potência cada. O ambiente foi resfriado por um condicionador de ar de 2.640 W (9000 BTU).

Foram utilizadas 387 codornas da linhagem *coturnix japonica* a partir da terceira semana de idade (fase de postura) até o 143º dia (final da pesquisa), alojadas em três baterias de gaiolas (129 aves/bateria), sendo denominadas de bateria 1 (G1), bateria 2 (G2) e bateria 3 (G3), com cada bateria ocupando uma área de 1,80 m² (Figuras 2A, B e C).

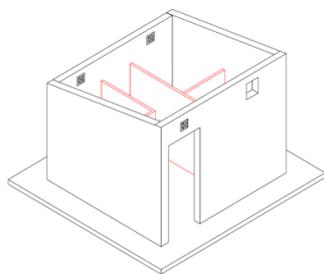


Figura 1A. Layout do galpão.



Figura 1B. Planta baixa do galpão.

As gaiolas eram de arame galvanizado, cada bateria composta por três gaiolas com capacidade de abrigar 43 aves. As gaiolas foram equipadas com bebedouros e comedouros acoplados do tipo calha de zinco e PVC (2,3 cm/ave). As gaiolas apresentavam dimensões 0,20 x 0,50 x 1m, possuíam três divisórias e densidade de criação de 86 codornas/m. A ração foi distribuída de forma manual, duas vezes ao dia às 8 e às 16 horas.



Figura 2A. Ambiente com iluminação com Led branca



Figura 2B. Ambiente com iluminação com Led vermelha



Figura 2C. Ambiente com iluminação com Led azul

No galpão o sistema de iluminação foi conectado a um temporizador a fim de se fornecer um programa diário de 17 horas de luz e 7 horas de escuro (17L: 7E), com base nas recomendações de

Molino et al. (2015). A temperatura do ar e umidade relativa no interior do galpão foi coletada a cada 30 min por 24 h durante todo o experimento, por meio de dataloggers do tipo HT 500, fabricante Instrutherm, instalados acima de cada ambiente cuja faixa de aplicação era -40 a 70°C e de 0 a 100% para temperatura do ar e umidade relativa, respectivamente.

A temperatura de globo negro também foi coletada a cada 30 min por 24 h durante todo o experimento utilizando-se termopares do tipo T (cobre-constantan) com capacidade de medição de -270 a 400°C inseridos em globos negros de 38mm de diâmetro previamente calibrados e conectados a um sistema de aquisição de dados modelo CR-1000, fabricante Campbell Scientific, gerenciado pelo software PC200 W (freeware). Para a medição da velocidade do vento, utilizou-se um anemômetro modelo THAL 300, da Instrutherm, com faixa de aplicação de 0,4 a 30 m/s, posicionado a uma altura equivalente ao centro de massa das aves no momento das medições. O Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU) foi calculado conforme Buffington et al. (1981) e a Carga Térmica de Radiação (CTR) calculada segundo a equação proposta por Esmay (1979).

Foram realizados cinco ciclos de postura de 14 dias e, ao final de cada ciclo foram avaliadas as características de produção e as variáveis de qualidade dos ovos, avaliando-se o consumo de ração, conversão alimentar, porcentagem de postura, massa média do ovo e, durante todo o período experimental a gravidade específica, unidade de Haugh, espessura de casca, massa e porcentagem do albúmen, massa e porcentagem da gema e massa e porcentagem da casca.

Para a determinação da força de ruptura da casca dos ovos foi utilizada uma máquina adaptada para compressão modelo TSG 70-140, fabricante Zepellin conectada a um datalogger modelo Spider 8.0, fabricante HBM, gerenciado pelo software Catman. Os ovos eram colocados nas direções de seu maior e menor diâmetro, entre as placas de compressão, e era acionando o mecanismo de compressão que se deslocava com a velocidade de 2 mm/min, conforme metodologia proposta por Silva et al. (2012).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com três tratamentos (espectro luminoso) e sete repetições. Os dados foram submetidos ao programa Statistical Analysis System (SAS, 1999) utilizando-se o teste de Tukey ($P < 0,05$) para a comparação entre as médias.

Resultados e Discussão

Não houve diferença significativa ($P < 0,05$) nas médias da temperatura e umidade relativa do ar entre os ambientes, cujas médias foram de $26,7 \pm 1,9^\circ\text{C}$ e $71,5 \pm 6,8\%$, para a temperatura e umidade relativa do ar, respectivamente (Tabela 1), sendo estas médias acima da zona de conforto térmico para as codornas, que deve situa-se entre 22 a 26°C (EL-TARABANY, 2016; CASTRO et al., 2017), com umidade relativa do ar entre $65 \pm 5\%$.

As aves são sensíveis ao estresse térmico devido a elevada atividade metabólica, sendo que os genótipos modernos produzem elevadas quantidades de calor corporal e, as codornas mantidas sob

altas temperaturas podem ter dificuldades na produção (AKDEMIR et al., 2019). Pequenas alterações ambientais são percebidas pelas aves (CASTRO et al., 2017; SANTOS et al., 2017), podendo ocorrer elevação na ingestão de água e redução do consumo de ração, reduzindo a produção e qualidade dos ovos (EL-TARABANY, 2016; CASTRO et al., 2017; SOARES et al., 2019).

Em relação ao ITGU, houve diferença estatística entre os tratamentos ($P < 0,05$), em que os de LED vermelha e azul não apresentaram diferença, porém diferiram do tratamento LED branca, que apresentou ITGU inferior (Tabela 1), o que pode ter ocorrido em função dos dois primeiros ambientes estarem do lado Oeste do galpão, recebendo mais calor advindo da parede exposta por convecção no período da tarde. Sousa et al. (2014) citam que valores de ITGU entre 75,3 e 75,8 são considerados ideais para a fase final de criação de codornas, portanto, observa-se que o ambiente com base neste ITGU, pode ser considerado confortável. A maior carga térmica de radiação foi no ambiente com luz azul (Tabela 1) diferindo estatisticamente ($P < 0,05$) dos valores de CTR observados nos ambientes com luz vermelha e branca, em virtude dos ambientes com LED vermelha e azul estarem na posição Oeste do galpão, recebendo mais calor durante o período da tarde.

Tabela 1. Médias e desvios padrões (entre parênteses) da temperatura ambiente (TA), umidade relativa do ar (UR), índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e carga térmica radiante (CTR) nos diferentes tratamentos

Parâmetros ambientais				
Tratamento	TA (°C)	UR (%)	ITGU	CTR (W/m ²)
Led Branca	26,70±2,17a	71,13±4,08a	73,47±3,86b	441,62±69,59c
Led Vermelha	26,83±2,21a	71,77±3,76a	75,93±3,34a	470,73±95,12b
Led Azul	26,62±2,17a	71,77±3,76a	75,93±3,34a	474,74±95,12a

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

Não houve diferença significativa ($P > 0,05$) no consumo de ração para o nas aves mantidas nas diferentes fontes de iluminação (Tabela 2), que ficaram dentro da normalidade para a espécie. Jácome et al. (2012) não observaram em codornas criadas com diferentes cores de LED, em comparação com a lâmpada incandescente, diferenças significativas ($P > 0,05$) no consumo de ração entre os tratamentos e valores citados pelos autores são semelhantes aos da presente pesquisa. Santana et al. (2014) e Borille et al. (2013), não constataram em trabalhos com frangos de corte e galinhas poedeiras diferença no consumo de ração dos animais expostos a diferentes cores de LED, concluindo que as aves podem ser criadas em ambientes com lâmpadas de diferentes espectros luminosos.

A conversão alimentar não apresentou diferença estatística ($P > 0,05$) entre os tratamentos, que ficou dentro da média para a espécie. Guimarães et al. (2014) em trabalhos com codornas japonesas e europeias na estação chuvosa e seca no semiárido paraibano, citam maiores valores de conversão alimentar na estação chuvosa (440 g/dz. ovos), em comparação com a estação seca (400 g/dz. ovos).

Os valores da conversão alimentar foram superiores aos citados por Umigi et al. (2012), utilizando diferentes níveis de treonina digestível e Garcia et al. (2012), utilizando milho na composição da ração, em experimentos realizados na região sul do Brasil, tanto na ração basal como nos diferentes níveis, sendo, portanto, a conversão alimentar dependente do clima da região, ração, idade e da variabilidade genética existente entre as linhagens de codornas criadas no Brasil (PRIOLI et al., 2010).

Tabela 2. Média e desvio padrão (entre parênteses) de consumo de ração, conversão alimentar, porcentagem de postura e massa média do ovo durante todo o período experimental nos diferentes ambientes

Tratamento	Consumo ração (g/animal/dia)	Conversão alimentar (g/dz. ovos)	Postura (%)	Massa (g)
Led Branca	29,39±3,47a	481,91±67,4a	78,00±4,48b	13,17±0,48a
Led Vermelha	29,09±4,02a	417,70±70,20a	82,00±3,63ab	12,99±0,48a
Led Azul	29,08±4,80a	401,39±69,01a	86,00±5,02a	12,96 ±0,48a
CV%	25,17	17,93	12,38	7,29

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

A porcentagem de postura foi mais baixa (P<0,05) nas aves instaladas no ambiente com lâmpadas de LED branca (Tabela 2). Jácome et al. (2012) verificaram a influência de diferentes cores de iluminação artificial sobre a qualidade de ovos de codornas japonesas, que a produção de ovos de codornas mantidas em ambientes com LED de cor verde e vermelha foi superior à produção de ovos de codornas expostas a lâmpadas incandescentes, que também tem cor clara. A menor produção das aves mantidas em ambientes com LED branca em relação a azul pode ser devido ao fato a tal coloração interferir na postura em razão de sua maior intensidade luminosa, exteriorizada pelos menores valores de CTR e conseqüentemente, também menores valores da temperatura radiante média.

A massa média dos ovos foi similar (P>0,05) entre os tratamentos (Tabela 2), mantendo-se dentro da média para a espécie. Guimarães et al. (2014) citam para codornas japonesas massa do ovo de 10,6 g e na espécie europeia 11,7 g, sendo que as japonesas tiveram maior produção de ovos/ave. Estes valores foram semelhantes aos citados por Jácome et al. (2012) e Umigi et al. (2012), porém superiores aos citados por Garcia et al. (2012), demonstrando mais uma vez, a variabilidade genética entre as linhagens de codornas criadas no Brasil.

As codornas nos diferentes tratamentos foram mantidas sob temperaturas e umidade relativa do ar consideradas acima da zona de conforto térmico, mas o consumo de ração, conversão alimentar, porcentagem de postura e a massa média do ovo, se mantiveram dentro da média, ou seja, não houve efeito negativo desses elementos climáticos na produção, corroborando com os valores do ITGU, que caracterizaram o ambiente como confortável. Vercese et al. (2012), ressaltaram, em trabalhos com

codornas de postura criadas sob diferentes temperaturas, que a partir da temperatura de 27°C ocorreu influência negativa nos índices produtivos.

A gravidade específica (GE) não demonstrou diferença estatística ($P>0,05$) em nenhuma das iluminações empregadas (Tabela 3). Jácome et al. (2012) não encontraram diferença significativa na GE de codornas criadas sob diferentes sistemas de iluminação, que variou de 1,074 a 1,080 g/cm, sendo os valores da presente pesquisa semelhantes aos relatados por Garcia et al. (2012), demonstrando que há diferentes cores de lâmpadas que não interferem neste índice.

Os resultados da unidade Haugh se encontram entre 88,50 a 89,38; esta unidade está correlacionada com a massa do ovo e com a altura da clara, sendo que quanto mais elevado o valor melhor será a qualidade do ovo; portanto, os valores podem ser considerados bons. Esses valores foram semelhantes aos citados por Garcia et al. (2012), porém abaixo dos citados por Jácome et al. (2012), que variaram de 91,17 (Led laranja) a 94,14 (Led branco), mesmo com as aves sendo criadas com a mesma ração e sistema de criação, fatos que podem alterar este valor.

Tabela 3. Média e desvio padrão (entre parênteses) da gravidade específica (GE), unidade de Haugh (UH), espessura de casca (EC) de ovos de codornas japonesas submetidas a ambientes com lâmpadas LED em diferentes espectros de luz

Tratamento	GE (g/ml)	UH	EC (mm)
Led Branca	1,08±0,014a	89,38±4,3a	0,34±0,04a
Led Vermelha	1,07±0,013a	89,15±4,3a	0,33±0,04a
Led Azul	1,07±0,013a	88,50±4,2a	0,34±0,04a
CV%	1,27	4,80	11,48

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

Não foram observados efeitos ($P>0,05$) das cores de LED na espessura de casca (Tabela 3), que pode não apenas variar em função do tipo de ração e dos níveis de minerais, mas também aumentar ou diminuir esta espessura, como a variabilidade genética existente entre os animais. No parâmetro peso do ovo as aves submetidas às três condições de espectros de luz com LED, não apresentaram diferença significativa entre médias ($P>0,05$), demonstrando a capacidade adaptativa das aves aos espectros de luz que estiveram submetidas.

As variáveis massa e percentagem de albúmen, gema e casca, não apresentaram diferença estatística ($P>0,05$) entre os tratamentos e estão de acordo com os resultados encontrados por Jácome et al. (2012) que, utilizando programas de luz com lâmpadas Led e incandescentes na produção de ovos de codornas japonesas, não encontraram diferença significativa entre os tratamentos para a gravidade específica e unidade Haugh. A percentagem do albúmen, gema e casca podem ser justificadas pela massa dos ovos já que existe uma correlação entre esses valores, que ficaram próximos da média, uma vez que a massa do albúmen representa cerca de 56 a 61%, a gema 27 a 32%

e a casca 8 a 11% do peso do ovo (ORDÓÑEZ et al., 2005). Os valores médios de pH da gema e do albúmen não apresentaram diferença significativa ($P>0,05$) entre os diferentes tratamentos, que foram de 6,9 ($\pm 0,29$), 6,6 ($\pm 0,28$) e 6,8 ($\pm 0,29$) para as leds branca, vermelha e azul, respectivamente, apresentando valores satisfatórios de ovos frescos, semelhantes aos citados por Xavier et al. (2011).

Tabela 4. Valores médios e desvios padrões (entre parênteses) da massa do ovo (MO), massa e percentagem do albúmen (MA), massa e percentagem da gema (MG) e massa e percentagem da casca (MC) de codornas japonesas submetidas a ambientes com lâmpadas LED em diferentes espectros de luz

Tratamento	MO (g)	MA (g)	Albúmen (%)	MG (g)	Gema (%)	MC (g)	MC (%)
Led Branca	12,87 \pm 0,9a	8,13 \pm 1,14a	63,17 \pm 2,38a	3,64 \pm 0,4a	28,28 \pm 3,2a	1,10 \pm 0,31a	8,54 \pm 1,31a
Led Vermelha	12,82 \pm 0,9a	7,77 \pm 1,1a	60,37 \pm 2,27a	3,95 \pm 0,42a	30,81 \pm 3,46a	1,10 \pm 0,31a	8,58 \pm 1,31a
Led Azul	12,47 \pm 0,9a	7,76 \pm 1,1a	62,22 \pm 2,34a	3,68 \pm 0,39a	29,51 \pm 3,31a	1,03 \pm 0,29a	8,25 \pm 1,27a
CV%	7,74	14,10	3,77	10,69	11,25	28,26	15,35

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

Os valores médios de força resistiva à compressão da casca do ovo no sentido longitudinal (RCSL) e transversal (RCST) foram semelhantes entre os diversos tratamentos ($P>0,05$) apresentando para as cores branca 12,83 ($\pm 4,0$) N, vermelha 15,14 ($\pm 4,72$) N e azul 13,20 ($\pm 4,12$) N no sentido longitudinal. No sentido transversal do ovo, a força foi de 14,93 ($\pm 4,16$) N nas LED branca e vermelha e 14,11 ($\pm 3,93$) N na LED azul. A força de ruptura dos ovos de galinha depende de várias propriedades, como a gravidade específica do ovo, massa, volume, área superficial, espessura e massa da casca e percentual de casca (SILVA et al., 2012).

A resistência à compressão da casca do ovo é de grande importância para o setor avícola de produção de ovos porque quebras e perfurações são as principais causas de perda econômica. A casca do ovo pode ser quebrada devido à fratura de impacto que ocorre em virtude da colisão entre ovos ou com a máquina coletora e fraturas compressivas no processo de embalagem.

Conclusão

Os ambientes iluminados com lâmpadas LED apresentaram o índice de temperatura de globo negro e umidade e carga térmica de radiação dentro da faixa de conforto térmico.

A percentagem de postura das aves mantidas sob LED branca foi inferior as das mantidas na LED vermelha, mas o consumo de ração, conversão alimentar, massa média, qualidade dos ovos e sua resistência nos sentidos longitudinal e transversal não foram afetados pelas diferentes cores de lâmpadas ($P<0,05$), nem pelos índices climáticos.

Referências Bibliográficas

- AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. 2011. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br>. Acesso em: 25 de março de 2011.
- AKDEMIR, F.; KÖSEMAN, A.; ŞEKER, I. *Alchemilla vulgaris* effects on egg production and quality expressed by heat stressed quail during the late laying period. South African Journal of Animal Science, v.49, n.5, p.857-868, 2019.
- ARAÚJO, W. A. G.; ALBINO, L. F. T.; TAVERNARI, F. C.; GODOY, M. J. S. Programa de luz na avicultura de postura. CFMV- Brasília, n.52, 2011.
- BORILLE, R.; GARCIA, R. G.; ROYER, A. F. B.; SANTANA, M. R.; COLET, S.; NÃÃS, I. A.; CALDARA, F. R.; ALMEIDA PAZ, I. C. L.; ROSA, E. S.; CASTILHO, V. A. R. The use of light-emitting diodes (LED) in commercial layer production. Brazilian Journal of Brazilian Poultry, v.15, n.2, p.135-140, 2013.
- BUFFINGTON, D. E.; COLLAZO AROCHO, A.; CANTON, G. H. PITT. Black globe humidity comfort index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. Transaction of the ASAE, v.24, n.3, p.711-714, 1981.
- CASTRO, J. O.; YANANGI JUNIOR, T.; FERRAZ, P. F. P.; FASSANI, E. J. Japanese laying quails behavior under different temperatures. Energia na Agricultura, v.32, p.141-147, 2017.
- EL-TARABANY, M. S. Impact of temperature-humidity index on egg-laying characteristics and related stress and immunity parameters of japanese quails. International Journal of Biometeorology, v.60, p.957-964, 2016.
- ESMAY, M. L. Principles of animal environment. West Port: AVI Publishing, 1979. 325p.
- GARCIA, A. F. Q. M.; MURAKAMI, A. E.; MASSUDA, E. M.; URGNANI, F. J.; POTENÇA, A.; DUARTE, C. R. A.; EYNG, C. Milheto na alimentação de codornas japonesas. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, v.13, n.1, p.150-159, 2012.
- GEWEHR, C. E.; FREITAS, H. J. de. Iluminação intermitente para poedeiras criadas em galpões abertos. Revista de Ciências Agroveterinárias, v.6, n.1, p.54-62, 2007.
- JÁCOME, I. M. T. D.; BORILLE, R.; ROSSI, L. A.; RIZZOTTO, D. W.; BECKER, J. A.; SAMPAIO, C. F. R. Desempenho produtivo de codornas alojadas em diferentes sistemas de iluminação artificial. Archives de Zootecnia, v.61, p.449-456, 2012.
- MOLINO, A. B.; GARCIA, E. A.; SANTOS, G. C.; VIEIRA FILHO, J. A.; BALDO, G. A. A.; ALMEIDA PAZ, I. C. L. Photostimulation of Japanese quail. Poultry Science, v.94, p.156-161, 2015.
- ORDÓÑEZ, J. A. Ovos e produtos derivados. In: Tecnologia de alimentos. Alimentos de origem animal. Porto Alegre: Artmed, p.269-279, 2005.
- PETRUCCI, F. B.; BONAPARTE, T. P.; SCOTTÁ, B. A.; VARGAS JUNIOR, J. G.; VIEIRA, D. V. G.; MARIN, J. F. V. Sodium levels in food of Japanese quail in the laying phase. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v.12, n.2, p.338-342, 2017.
- PRESCOTT, N. B.; WATHES, C. M. LIGHT, Poultry and vision. In: International Symposium in Livestock Environment, 6, 2001, Louisville. Anais.... Louisville, 2001.
- PRIOLI, R. A.; GASPARINO, E.; SOARES, M. A. M.; MARQUES, D. S.; BLANCK, S. M. A.; PRIOLI, S. M. A.

- Diversidade genética entre três linhagens de codornas selecionadas para produção de ovos. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.62, n.3, p.725-731, 2010.
- RIBEIRO, T. L. A.; SOUZA, B. B.; BRANDÃO, P. A.; ROBERTO, J. V. B.; MEDEIROS, T. T. B.; SILVA, J. J.; CARVALHO JÚNIOR, J. E. M. Different levels of protein and energy on physiological behavior and performance of European quail in the Brazilian semiarid. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, v.4, n.3, p.76-83, 2016.
- SANTANA, M. R.; GARCIA, R. G.; NÃÃS, I. A.; PAZ, I. C. L. A.; CALDARA, F.R.; BARRETO, B. Light emitting diode (LED) use in artificial lighting for broiler chicken production. *Engenharia Agrícola*, v.34, p.422-427, 2014.
- SILVA, R. C.; NASCIMENTO, J. W. B.; OLIVEIRA, D. L.; CAMERINI, N. L.; FURTADO, D. A. Força de ruptura da casca do ovo em função das temperaturas da água e do ambiente. *Revista Educação Agrícola Superior*, v.27, n.1, p.13-18, 2012.
- SOARES, K. O.; SARAIVA, E. P.; SANTOS, J. D. C.; AMORIM, R. G.; COSTA, J. L. G.; VERÍSSIMO, T. S. Effect of ambient temperature on the production parameters and egg quality of japanese quail (*Cortunix japonica*). *Biological Rhythm Research*, v.50, p.1-8, 2019.
- SOUSA, M. S.; TINÔCO, I. F. F.; BARRETO, S. L. T.; AMARAL, A. G.; PIRES, L. C.; FERREIRA, A. S. Determinação de limites superiores da zona de conforto térmico para codornas de corte aclimatizadas no Brasil de 22 a 35 dias de idade. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.15, n.2, p.350-360, 2014.
- SAS INSTITUTE. Statistical Analysis System. SAS/STAT User's Guide 8.0 North Caroline, NC, p.3365, 1999.
- UMIGI, R. T.; BARRETO, S. L. T.; REIS, R. S.; MESQUITA FILHO, R. M.; ARAÚJO, M. S. Níveis de treonina digestível para codornas japonesas na fase de produção. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.64, n.3 p.658-664, 2012.
- VERCESE, F.; GARCIA, E. A.; SARTORI, J. R.; SILVA, A. P.; FAITARONE, A. B. G.; BERTO, D. A.; MOLINO, A. B.; PELÍCIA, K. Performance and egg quality of Japanese quails submitted to cyclic eat stress. *Brazilian Journal of Poultry Science*, v.14, n.1, p.37-41, 2012.
- XAVIER, I. M. C.; CANÇADO, S. V.; FIGUEIREDO, T. C.; LARA, L. J. C.; LANA, A. M. Q.; SOUZA, M. R.; BAIÃO, N. C. Qualidade de ovos submetidos a diferentes condições de armazenamento. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária*, v.63, n.3, p.712-720, 2011.



Capítulo VII

DIAGNÓSTICO BIOCLIMÁTICO PARA PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE NO MUNICÍPIO DE PATOS- PB

Nágela Maria Henrique Mascarenhas

Dermeval Araújo Furtado

Antonio Nelson Lima da Costa

Luiza Lira Leite

Airton Gonçalves de Oliveira

Bonifácio Benício de Sousa

Introdução

O Brasil é o terceiro produtor mundial e líder em exportação de carne de frango e, a avicultura brasileira tem apresentados índices de crescimentos elevados nas últimas três décadas (OLIVEIRA & KNIES, 2017).

O maior desafio da avicultura é a construção de instalações adequadas ao clima do país, que permitam a manutenção das variáveis ambientais, temperatura e umidade do ar, velocidade do ar, entre outros, dentro dos limites que propiciem conforto ao aviário. O distanciamento dessas variáveis ambientais dos valores próximos à região termoneutra dos animais, perturbam o mecanismo termodinâmico que as aves possuem para se protegerem de extremos climáticos, levando ao desperdício de energia, em seu conceito mais amplo (SANTOS et al., 2009; ABREU, 2005). Considerando-se que o Brasil se encontra localizado até a latitude de 30º sul, ou seja, na faixa mais quente do planeta, com médias de temperatura oscilando entre 20 a 25ºC ao longo do ano, verifica-se que o país inspira uma situação de maior cuidado com o estresse por calor do que propriamente por frio (TINÔCO, 2001).

Alterações ambientais são facilmente percebidas pelas aves, atuando como fatores estressantes, sendo que a resposta a esses fatores se exterioriza através do aumento no consumo de água e redução do consumo de ração, como tentativa de minimizar a produção de calor endógeno durante a digestão (BORGES et al., 2003). A faixa de temperatura na qual as aves apresentam máximo desempenho é denominada zona de conforto térmico, onde a taxa metabólica é mínima e os animais apresentam menor gasto de energia para manutenção da homeotermia, restando, conseqüentemente, mais energia para produção de ovos ou ganho de peso (FERREIRA, 2016). O principal mecanismo de dissipação de calor empregado pelas aves é a evaporação, e em razão destas não possuem glândulas sudoríparas, essa perda de calor ocorre, em maior parte, através da respiração.

Além questões mercadológicas, envolvendo a cadeia produtiva do frango de corte, deve-se ater aos modelos de produção que mais se adequam à realidade de cada região, considerando suas condições edafoclimáticas, suas características territoriais, mercado e, conseqüentemente, a escala de produção. O ambiente é considerado confortável para aves adultas quando apresentam temperaturas entre 16 a 23ºC, e umidade relativa entre 50 a 70%, porém, dificilmente esses valores são encontrados em condições comerciais de produção no país. Temperaturas abaixo e, principalmente, acima da termoneutra podem resultar em alterações metabólicas, com conseqüente queda do desempenho das aves (TINÔCO, 1998; OLIVEIRA et al., 2006, FURTADO et al., 2006).

Diante disso, foi realizado um diagnóstico bioclimático para a produção de aves de corte, no município de Patos - PB, correlacionando os fatores climáticos e o ITU com as exigências dos animais.

Material e Métodos

O município de Patos-PB, localizado na região do semiárido brasileiro, com latitude 07° 05' 28" S, longitude 37° 16' 48" W, altitude de 250 m, caracteriza-se por apresentar um clima BSh, de acordo

com a classificação de Köppen, com temperatura anual média máxima de 32,9°C e mínima de 20,8°C e umidade relativa do ar de 61% (BRASIL, 1992). Para o diagnóstico bioclimático, foi selecionada a estação agrometeorológica do município de Patos, correspondente a mesorregião do Sertão paraibano, sendo o diagnóstico bioclimático realizado com os dados climáticos obtidos dos anos de 1994 a 2017.

Para o estudo, foram utilizadas as seguintes variáveis:

- Temperatura do ar compensada (temperatura média), da temperatura máxima e mínima;
- Umidade relativa do ar (UR);
- Índice de temperatura e Umidade (ITU);

O Índice de Temperatura e Umidade (ITU) foi determinado pela Equação 1, desenvolvida por Thom (1959).

$$ITU = (0,8 \times T + (UR/100) \times (T - 14,4) + 46,4) \text{ (Eq.1)}$$

Onde: T = temperatura ambiente (°C); UR = umidade relativa do ar (%).

Estes valores (Tabela 1) foram utilizados para comparar com as condições de conforto térmico ideais para aves de corte, em diferentes fases de produção (Tabelas 2 e 3). Para comparar as exigências dos frangos de corte com os valores climáticos das microrregiões, foi adotada a seguinte simbologia:

- I – Inferiores aos exigidos pelas aves;
- C – confortáveis aos exigidos pelas aves e;
- S – superiores aos exigidos pelas aves.

Tabela 1. Valores de temperatura (máxima, média e mínima), umidade relativa do ar e ITU para o município de Patos (1994 a 2017)

Meses	Temperatura (°C)			UR (%)	ITU
	Máxima	Média	Mínima		
Janeiro	35,48	28,82	22,94	57,19	77,70
Fevereiro	34,34	27,78	22,41	61,33	76,83
Março	33,70	27,13	22,43	66,40	76,55
Abril	33,61	26,30	22,60	67,22	75,43
Maio	32,77	27,00	21,92	61,73	75,78
Junho	32,55	26,05	21,31	61,55	74,40
Julho	32,61	26,17	20,74	58,95	74,28
Agosto	33,69	26,88	20,78	51,77	74,36
Setembro	34,84	27,72	21,85	49,94	75,23
Outubro	35,99	28,64	22,49	46,48	75,93
Novembro	36,36	28,55	22,97	47,74	75,99
Dezembro	36,21	29,26	23,04	50,72	77,35
CV (%)	0,0414	0,0403	0,0363	0,1240	0,0155

CV (%): Coeficiente de variação.

Tabela 2. Valores de conforto de temperatura, umidade relativa do ar e do índice de temperatura e umidade (ITU), em função da idade das aves de corte

Idade (semanas)	Temperatura (°C)	UR (%)	ITU ideal
1	32 – 35	60 – 70	72,4 - 80,0
2	29 – 32	60 – 70	68,4 - 76,0
3	26 – 29	60 – 70	64,8 - 72,0
4	23 – 26	60 – 70	60,5 - 68,0
5	20 – 23	60 – 70	56,6 - 64,0
6	20	60 – 70	56,6 - 60,0

Fonte: Silva (2007); Abreu e Abreu (2011).

Com isso, foi estabelecido em que épocas do ano a microrregião é ideal para criação de aves de corte, e em que épocas do ano e idade das aves, existe a necessidade de adoção de meios artificiais de condicionamento térmico.

Resultados e Discussão

As aves são animais sensíveis as mudanças de temperatura, onde da energia ingerida, cerca de 80% é utilizada para manutenção da homeotermia, e 20% é utilizada para produção (ABREU & ABREU, 2011).

Considerando a variável temperatura do ambiente, com relação a primeira semana, a T_{max} apresentou-se confortável em todos os meses, já para as semanas subsequentes (segunda a sexta), a T_{max} apresentou-se superior ao recomendado. Já para a T_{med} , na primeira semana apresentou-se inferior, da segunda até a quinta semana de vida das aves a T_{med} apresentou-se confortável, ficando superior ao recomendado apenas na sexta semana. Quanto a T_{min} , da primeira à quarta semana a temperatura foi inferior ao recomendado para os animais, na quinta e na sexta semana, a T_{min} apresentou-se confortável e superior, respectivamente.

Dentre os fatores ambientais, os fatores térmicos, representados pela temperatura dos ambientes e umidade relativa do ar, são os que afetam diretamente o desempenho das aves, comprometendo a manutenção da homeotermia (TINÔCO, 2001; OLIVEIRA et al., 2006; FURTADO et al., 2006). Em regiões de clima tropicais e subtropicais, como é o caso do município de Patos – PB, os elevados valores de temperatura do ar é um dos principais fatores que interferem negativamente na criação de aves (CASTRO et al., 2009).

Tabela 3. Diagnóstico bioclimático para aves de corte, da primeira a sexta semana de vida, no município de Patos–PB

Meses	Idade (semanas)					
	1	2	3	4	5	6
Janeiro	Ci <i>i</i> IC	Sci <i>i</i> IS	Sci <i>i</i> IS	Sci <i>i</i> IS	Sc <i>c</i> iIS	S <i>s</i> sIS
Fevereiro	Ci <i>i</i> CC	Sci <i>i</i> CS	Sci <i>i</i> CS	Sci <i>i</i> CS	S <i>s</i> cCS	S <i>s</i> sCS
Março	Ci <i>i</i> CC	Sci <i>i</i> CS	Sci <i>i</i> CS	Sci <i>i</i> CS	S <i>s</i> cCS	S <i>s</i> sCS
Abril	Ci <i>i</i> CC	Sci <i>i</i> CC	Sci <i>i</i> CS	Sci <i>i</i> CS	S <i>s</i> cCS	S <i>s</i> sCS
Maio	Ci <i>i</i> CC	Sci <i>i</i> CC	Sci <i>i</i> CS	Sci <i>i</i> CS	S <i>s</i> cCS	S <i>s</i> sCS
Junho	Ci <i>i</i> CC	Sci <i>i</i> CC	Sci <i>i</i> CS	Sci <i>i</i> CS	S <i>s</i> cCS	S <i>s</i> sCS
Julho	Ci <i>i</i> IC	Sci <i>i</i> IC	Sci <i>i</i> IS	Sci <i>i</i> IS	Sc <i>c</i> iIS	S <i>s</i> sIS
Agosto	Ci <i>i</i> IC	Sci <i>i</i> IC	Sci <i>i</i> IS	Sci <i>i</i> IS	Sc <i>c</i> iIS	S <i>s</i> sIS
Setembro	Ci <i>i</i> IC	Sci <i>i</i> IC	Sci <i>i</i> IS	Sci <i>i</i> IS	Sc <i>c</i> iIS	S <i>s</i> sIS
Outubro	Ci <i>i</i> IC	Sci <i>i</i> IC	Sci <i>i</i> IS	Sci <i>i</i> IS	Sc <i>c</i> iIS	S <i>s</i> sIS
Novembro	Ci <i>i</i> IC	Sci <i>i</i> IC	Sci <i>i</i> IS	Sci <i>i</i> IS	Sc <i>c</i> iIS	S <i>s</i> sIS
Dezembro	Ci <i>i</i> IC	Sci <i>i</i> IS	Sci <i>i</i> IS	Sc <i>c</i> iIS	Sc <i>c</i> iIS	S <i>s</i> sIS

A letra maiúscula refere-se à situação térmica para T_{max} ; a letra minúscula refere-se à situação térmica para T_{med} ; a letra minúscula itálica refere-se à situação térmica para T_{min} ; a letra maiúscula após, refere-se a UR; a maiúscula itálica refere-se ao ITU.

A umidade relativa do ar apresentou-se confortável apenas nos meses de fevereiro a junho, e inferior ao recomendado para as aves em todas as semanas de vida, nos meses de julho a janeiro. Quando a umidade relativa do ar está fora do ideal, leva o animal para fora de sua zona de conforto térmico, causando estresse, gerando impactos negativos na produção, sanidade, comportamento e no bem estar da criação de aves (FURTADO et al., 2006).

O ITU apresentou-se confortável para a primeira semana, quanto a segunda semana apresentou-se confortável apenas nos meses de abril a novembro, e ficando inferior nos demais meses. Já para a terceira até a sexta semana, o ITU apresentou-se inferior em todos os meses.

O diagnóstico mostra que para que a criação de frangos de corte no município de Patos – PB tenha uma produção adequada e compensatória, deve-se fazer uso de modificações primárias e secundárias nas edificações, tais como:

- Atentar para o fato de que ao se planejar uma obra, deve-se evitar terrenos de baixada, evitando-se problemas com alta umidade, baixa movimentação de ar e insuficiente insolação higiênica no inverno, como possíveis obstruções do ar por outras construções e barreiras naturais e artificiais próximas aos galpões avícolas, o que dificultaria a ventilação natural, trazendo prejuízos ao conforto térmico no verão (TINÓCO, 2001);

- Ter o seu posicionamento longitudinal no sentido Leste-Oeste, evitando a incidência direta de raios solares no interior da instalação, onde a altura do pé-direito deve permitir boa ventilação e dispersão de gases, como amônia e gás carbônico (TINÔCO, 2001, FURTADO et al., 2005; SILVA et al., 2020);
- Utilizar nas construções dos aviários materiais de cobertura que proporcione melhor eficiência térmica e uso de forro no interior da instalação (considerando altura de pé-direito apropriado), utilizando materiais de construção com maior amortecimento, como o uso de telhas claras, onde a diferença de temperatura hipotética adicional de insolação se reduz e, naturalmente, a penetração de calor devido à insolação se reduz na mesma proporção (TINÔCO, 2001, FURTADO et al., 2005);
- O piso deve ser concretado ou terra batida com boa drenagem, porém, a cama deve apresentar espessura mínima entre 10 a 15 cm, com área suficiente, de modo a permitir que as aves expressem o seu comportamento normal: deve-se utilizar de cortinas nas laterais do aviário visando o controle da ventilação, da temperatura e da incidência de raios solares diretamente sobre as aves (TINÔCO, 2001, FURTADO et al., 2006; SILVA et al., 2020).

Pode-se também utilizar refrigeração artificial e nebulização, ou seja, estruturas que visem atenuar o estresse causado pelas condições climáticas nos animais (SILVA, 1999), onde os sistemas de ventilação devem ser instalados e posicionados no sentido transversal ou longitudinal do galpão, de acordo com a direção do vento (TINÔCO, 2001). Os sistemas evaporativos que possibilitam o arrefecimento da temperatura do ar por via latente podem ser empregados satisfatoriamente no combate ao calor.

A exploração do paisagismo circundante e da ventilação natural, juntamente com a adequada concepção arquitetônica e escolha do material de melhor comportamento térmico para a cobertura constituem a solução ideal para os galpões abertos, onde o afastamento entre galpões deve ser suficiente para que uns não atuem como barreira à ventilação natural nos outros, recomendando-se afastamento de 10 vezes a altura da construção para os primeiros galpões a barlavento, sendo que do segundo galpão em diante o afastamento deverá ser de 20 a 25 vezes essa altura (TINÔCO, 2001). O emprego de árvores altas pode produzir um microclima ameno nas instalações, devendo-se evitar árvores que possam diminuir a ventilação no interior (quebra ventos).

No entorno das instalações é importante utilizar cobertura vegetal, mantidas com corte baixo (priorizando espécies perenes), de forma a evitar que abriguem parasitas e/ou predadores, isto ajudará também nas alterações do microclima do ambiente interno (SILVA et al., 2020). Deve-se monitorar e registrar qualidade e disponibilidade de acesso da ração e da água fornecida aos animais o estabelecimento deverá ter atenção (monitoramento, registros e ações) quanto à ambiência das instalações: qualidade do ar, concentração de gases nocivos à saúde.

Conclusão

A partir das análises da condição climática no município de Patos-PB, observa-se que o município apresenta em alguns meses condições ambientais desfavoráveis ao conforto térmico animal, onde os componentes climáticos avaliados influenciarão diretamente o ambiente térmico no espaço ocupado pelos animais e nas suas imediações, onde para minimizar tais efeitos negativos se faz necessária a adoção de medidas constritivas que visem o conforto ambiental dos animais.

Percebe-se a necessidade de se corrigir o bioclima para se alcançar as condições ideais para a produção de aves.

Referência Bibliográfica

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

BORGES, S. A.; MAIORKA, A.; SILVA, A. V. F. Fisiologia do estresse calórico e a utilização de eletrólitos em frangos de corte. *Revista Ciência Rural*, v.33, n.5, p.975-981, 2003.

CASTRO, J. O.; SANTOS, G. C.; AGUIAR, E. F.; SOUSA, F. A.; ALMEIDA, A. K.; CAMPOS, A. T. Avaliação do índice de temperatura e umidade para as diferentes fases de produção de aves de corte no município de Diamantina - MG. In: Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, 13; Encontro Latino Americano de Pós-graduação, 9, 2009. Anais...Universidade do Vale do Paraíba, 2009.

FERREIRA, R. A. Maior produção com melhor ambiente - para aves, suínos e bovinos. 3ª ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2016.

FURTADO, D. A.; DANTAS, R. T.; NASCIMENTO, J. W. B.; SANTOS, J. T. Efeitos de diferentes sistemas de acondicionamento ambiente sobre o desempenho produtivo de frangos de corte. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.10, p.484-489, 2006.

FURTADO, D. A.; TINÔCO, I. F. F.; NASCIMENTO, J. W. B.; LEAL; AZEVEDO, M. A. Caracterização das instalações avícolas na mesoregião do Agreste Paraibano. *Engenharia Agrícola*, v.25, n.3, p.831-840, 2005.

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

OLIVEIRA, Z. B.; KNIES, A. E. Diagnóstico bioclimático para a produção de aves de corte em diferentes municípios do RS. *Energia na Agricultura*, v.32, n.4, p.372-378, 2017.

SANTOS, M. B. G.; ARAUJO, I. F.; SILVA, S. S. F.; GUARDIA, M. S. A. B.; RAMALHO, A. M. C. Diagnóstico bioclimático para produção de aves na cidade de Quixadá-ce. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 29, 2009, Salvador. Anais...Salvador, 2009.

SILVA, E. T. Índice de temperatura e umidade (ITU) na produção de aves para a mesoregião do Nordeste e Norte pioneiro paranaense. *Revista Acadêmica*, v.5, n.4, p.385-390, 2007.

SILVA, I. J. O. Sistemas naturais e artificiais do controle do ambiente – climatização. In: SILVA, I. J. O. (Ed.) *Ambiência e qualidade na produção industrial de suínos*. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1999. p.81-101.

SILVA, I. J. O.; ABREU, P. G.; MAZZUCO, H. Manual de boas práticas para o bem-estar em galinhas poedeiras criadas livres de gaiolas. Embrapa, MAPA. 2020. 40p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1127416/manual-de-boas-praticas-para-obem-estar-de-galinhas-poedeiras-criadas-livres-de-gaiola>.

THOM, E. C. The discomfort index. *Weatherwise*, v.12, n.1, p.57-60, 1959.

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

CURRÍCULO DOS ORGANIZADORES E AUTORES

Airton Gonçalves de Oliveira: Técnico em Agropecuária (2012) pelo Instituto Federal de Ciências e Tecnologia Do Estado do Ceara (IFCE), Graduação em Engenharia Ambiental (2018) pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Experiências profissionais nas instituições; Agencia de Defesa Agropecuária do Estado do Ceara (ADAGRI) atuando como técnico em agropecuária no regime de Bolsista de extensão da FUNCAP e Instituto de desenvolvimento do Trabalho (IDT) atuando como Instrutor de Aprendizagem e Treinamento Agropecuário. Atualmente mestrando em engenharia agrícola, área de concentração: construções rurais e ambiência, pela Universidade Federal de Campina Grande.
airtonufcg1454@gmail.com

Antônio Néelson Lima da Costa: Graduação em Medicina Veterinária pela Universidade Estadual do Ceará (2003), Mestrado (2006) e Doutorado em Zootecnia (2014) pela Universidade Federal do Ceará com Doutorado sanduíche na Universidade da Florida-EUA (2013). Atualmente é Professor Adjunto, Diretor do Centro de Ciências Agrárias e da Biodiversidade e membro da comissão de ética no uso animal (CEUA) da Universidade Federal do Cariri. Atua nas áreas de Medicina Veterinária e Zootecnia: Anatomia e Fisiologia dos Animais Domésticos, Bioclimatologia Animal, Fisiopatologia da Reprodução Animal e Zoologia.
nelson.costa@ufca.edu.br

Bonifácio Benício de Souza: Professor Titular da UFCG, Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq; Pós-Doutorado na USP; Doutorado em Zootecnia - UFLA; Mestrado em Zootecnia - UFPB; Graduação em Zootecnia - UFPB; Graduação em Negócios Imobiliários - UNESA; Graduação em Gestão Ambiental - UNESA; Tem especialização em Toxicologia Animal - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul; Especialização em Gestão Estratégica de Negócios - pela Faculdade Alfa América Ltda; Especialização em Gestão de Negócios Imobiliários - pela Faculdade Alfa América Ltda; Desenvolve atividades de ensino, pesquisa e extensão na Unidade Acadêmica de Medicina Veterinária - UAMV/CSTR/UFCG e nos Programas de Pós-Graduação em Ciência Animal (PPGCA) e em Ciência e Saúde Animal (PPGCS) do CSTR/UFCG. Linhas de pesquisa: bioclimatologia, ambiência, desenvolvimento agropecuário sustentável, adaptabilidade dos animais às condições do semiárido. Tem 90 orientações acadêmicas concluídas nos níveis de Pós-Doutorado, Doutorado, Mestrado e Iniciação científica. Tem publicados 112 artigos científicos em periódicos; 288 resumos em eventos nacionais e internacionais, 35 artigos técnicos, um livro e 83 capítulos de livros. Está desenvolvendo pesquisa com reprodução, produção e avaliação da adaptabilidade de ovinos do grupo genético Soinga.
bonifacio.ufcg@gmail.com

Cácio Ribeiro Cavalcanti: Possui graduação em Zootecnia pela Universidade Federal do Paraíba (Campus II), Mestrado no Programa de Pós-graduação em Tecnologia Agroalimentar pela Universidade Federal da Paraíba (Campus III) e Doutorado em andamento em Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Campina Grande. Tenho experiência na área de Zootecnia, com ênfase em produção e nutrição de não ruminantes, piscicultura, Cunicultura, peixes ornamentais, ambiência e construções rurais.
ksio83@hotmail.com

Daniele Lopes de Oliveira: Possui graduação em Zootecnia pela Universidade Federal da Paraíba (2002), Mestrado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande (2012), Doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande, com experiência na área de Zootecnia nos seguintes temas: forragicultura, produção animal e Avicultura; em Engenharia Agrícola: ambiência para avicultura e construções e equipamentos para caprinocultura.
danielemestre@hotmail.com

Dermeval Araújo Furtado: Graduação em Zootecnia pela Universidade Federal da Paraíba (1980), mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa (1987) e doutorado em Recursos Naturais pela Universidade Federal da Paraíba (2002). Atualmente é professor titular da Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, atuando na graduação e no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFCG, ministrando disciplinas e orientando alunos no nível de Mestrado e de Doutorado. Tem experiência na área de Zootecnia e Engenharia Agrícola, com ênfase em manejo de animais domésticos, atuando principalmente nos seguintes temas: bioclimatologia animal e vegetal, ambiência, caprinos, ovinos, aves, semiárido e conforto térmico animal. No período de maio de 2010 a outubro de 2014 foi Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFCG. Atualmente é Bolsista de Produtividade em Pesquisa 1C do CNPq e até o momento, participou da publicação de número superior a 110 papers em revistas científicas especializadas.

araujodermeval@gmail.com

Fabiana Terezinha Leal de Moraes: Bacharela em Engenharia de Biosistemas pelo Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido (CDSA) - Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Realizei estágio na CAPRIBOM - Cooperativa dos Produtores Rurais de Monteiro Ltda. Possui conhecimento nas áreas de Produção Agrícola; Recuperação de Áreas Degradadas, Zootecnia; e Reúso de Águas na Agricultura. Enquanto acadêmica, participei e apresentei trabalhos em eventos tais como: Congressos, Encontros, Simpósios, Exposições e Palestras, no Brasil. Atualmente bolsista (CAPES) do programa de pós-graduação (UFCG) (2018) em Engenharia Agrícola na Área de Concentração em Construções Rurais e Ambiência.

fabianaleal_morais@hotmail.com

Felipe Lira Furtado: Graduado em Engenharia Elétrica na UFCG com ênfase em Eletrônica e Controle e Automação, conhecimento avançado da língua inglesa e básico da língua francesa, residente na cidade de Campina Grande. Experiência profissional como pesquisador na ATECEL e como professor no SENAI - Centro de Educação Profissional Professor Stenio Lopes onde Lecionou as disciplinas Controladores Lógicos Programáveis, Instrumentação Eletrônica, Programador de Sistemas Microcontrolados e Eletrônica Analógica para o departamento de Eletroeletrônica e para o departamento de Eletrotécnica. Atualmente aluno de mestrado no programa de pós-graduação de Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Campina Grande.

fliraf@gmail.com

Fernanda Fernandes de Melo Lopes: Graduação em Engenharia Agrícola pelo Centro Universitário Luterano de Santarém (2002), mestrado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande (2005) e doutorado em Engenharia de Processos pela Universidade Federal de Campina Grande (2009). Professora Associada, nível II, do Centro de Ciências e Tecnologia Universidade Federal de Campina Grande. Atuação nas áreas da Engenharia Rural com ênfase em Desenho Técnico, Construções e Instalações Rurais e Ambiência Animal.

fndlopes@gmail.com

Gisele Caldas de Araújo Cunha: Professora efetiva do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba. Possui mestrado em Engenharia Agrícola, na área de Construções Rurais e Ambiência pela Universidade Federal de Campina Grande- UFCG (2013), especialização em Expressão Gráfica pela Universidade Federal de Pernambuco- UFPE (2002) e graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Pernambuco- UFPE (1994). Tem experiência na área de Educação, com ênfase no ensino de disciplinas de Desenho Técnico e Arquitetônico. Possui experiência, como profissional liberal, em projetos de Arquitetura Residencial, Comercial e de Interiores. Defendeu, em Engenharia Agrícola (UFCG), na área de Construções Rurais e Ambiência, a tese intitulada: Modelagem computacional da distribuição de variáveis ambientais em aviário ventilado à pressão negativa.

giselecaldas.arq@gmail.com

Indira Cristiane Moreira Gonçalves: Professora do Ensino Básico Técnico e Tecnológico (EBTT) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano (IFBAIANO), campus Alagoinhas/BA. Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF - Juazeiro/BA (2013). Mestrado em Engenharia Agrícola (Concentração em Construções Rurais

e Ambiência) pela Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF - Juazeiro/BA (2015). Doutorado em Engenharia Agrícola (Concentração em Construções Rurais e Ambiência) pela Universidade Federal de Campina Grande - UFCG - Campina Grande/PB (2020).

indira.goncalves26@gmail.com

José Roberto Barbosa Braz: Possui graduação em Zootecnia pela Universidade Federal da Paraíba (1993), mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal da Paraíba (2001) e doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande (2014). Professor Titular do Ensino Básico Técnico e Tecnológico da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

zerobertobraz@gmail.com

José Pinheiro Lopes Neto: Possui graduação em Engenharia Agrícola e doutorado em Engenharia de Processos pela Universidade Federal de Campina Grande (2009). Atualmente é professor Associado da Universidade Federal de Campina Grande atuando nas áreas de Construções Rurais, Ambiência animal e Projeto de silos verticais. Atua nas áreas de Ciências Agrárias, Engenharia Agrícola, Subárea: Construções Rurais e Ambiência com Especialidade em Engenharia de Construções Rurais.

lopesneto@gmail.com

José Wallace Barbosa do Nascimento: Possui graduação em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal da Paraíba (1984), mestrado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal da Paraíba (1990) e doutorado em Engenharia Civil (Engenharia de Estruturas) pela Universidade de São Paulo (1996), Pós-doutor pela University of Kentucky (2006) e na Universidad Politecnica de Madrid (2014). Atualmente é professor titular da Universidade Federal de Campina Grande. Tem experiência na área de Engenharia Agrícola, com ênfase em Construções Rurais e Ambiência, atuando principalmente nos seguintes temas: silos (pressões e fluxo), ambiência, conforto térmico, materiais de construção.

wallacebosa@hotmail.com

Luíza Lira Leite: Graduada em Arquitetura e Urbanismo pelo Centro Universitário-UNIFACISA (2017). Pós-graduada em Design de Interiores pelo Centro Universitário-UNIFACISA (2019). Mestranda em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Tem experiência na área de Arquitetura e Urbanismo, com ênfase em Arquitetura e Urbanismo e Design de Interiores.

luizaliraarq@gmail.com

Nágela Maria Henrique Mascarenhas: Doutoranda em Engenharia Agrícola, na área de Construções Rurais e Ambiência, pelo programa de Pós-graduação em Engenharia agrícola da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG/CRNT, Campus Campina Grande). Mestre em Ciência Animal (2018), pelo Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG/CSTR, Campus Patos), na linha de pesquisa de Produção e Sanidade Animal, ênfase em Bioclimatologia Animal. Engenheira Agrônoma (2015) formada pela Universidade Federal do Ceará/ Universidade Federal do Cariri. Atualmente do Membro do Núcleo de Pesquisa em Bioclimatologia no Semiárido - NUBS (UFCG - Campus Patos) e membro do grupo de pesquisa Construções Rurais e Ambiência - CRA (UFCG - Campus Campina Grande).

eng.nagemaria@gmail.com

Neila Lidiany Ribeiro: Graduação em Zootecnia pela Universidade Federal da Paraíba (2003), Mestrado em Engenharia Agrícola, na Área de Construções Rurais e Ambiência, pela Universidade Federal de Campina Grande (2006), Doutorado na Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias-Areia. Início Doutorado em 2010, no ano de 2011/2012 fez Doutorado Sanduíche em Genética e Melhoramento dos Animais Domésticos na Universidade de Firenze - Itália. O Título do Projeto realizado na Itália foi: Estudo Comparativo do Perfil Genético Adaptativo de Raças Caprinas Brasileiras e Italianas. Bolsista PNPd - CAPES de 2014 até 2019 pela Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Humanas e Sociais - Bananeiras. Atualmente é pesquisadora bolsista - PCI do Instituto Nacional do Semiárido - INSA. Bolsista PNPd-FAPESQ a partir de 2023 pela Universidade Federal de Campina Grande. Experiência em Zootecnia: criação de caprinos e ovinos, qualidade de produtos caprinos e ovinos, bioclimatologia, etologia, melhoramento animal, genética e conservação de recursos genético animal.

neilalr@hotmail.com

Patrício Gomes Leite: Graduado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Mestre e doutor em Engenharia Agrícola na área de concentração em Construções Rurais e Ambiente pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), onde desenvolve pesquisas envolvendo águas salinas, conforto térmico, confinamento animal, escassez de água e estresse térmico. Atualmente é professor da Universidade Federal do Maranhão - Campus Chapadinha. Tem experiência na área de Engenharia Agrícola, com ênfase em Construções Rurais e Ambiente Agrícola, atuando nas seguintes áreas: Agropecuária Digital, Biometeorologia Animal, Conforto Térmico.

pgomesleite@gmail.com

Silvia Helena Nogueira Turco: Possui graduação em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Lavras (1990), mestrado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (1993) e doutorado em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa (1997), pós-doutorado na Embrapa Semiárido (1997 a 1999) e na University of the California, EUA (2008 a 2009). Foi Professora Titular do curso de agronomia da Universidade do Estado da Bahia (1999 a 2008), atualmente professora associada da Universidade Federal do Vale do São Francisco, foi coordenadora do Mestrado em Engenharia Agrícola da Univasf de 2011 a 2015 e de novembro de 2015 a maio de 2018 atuou como vice-coordenadora do Mestrado em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Vale do São Francisco. Em 2019 iniciou sua participação como professora permanente no programa de Doutorado Profissional em Agroecologia e Desenvolvimento Territorial da UNIVASF. Tem experiência na área de Engenharia Agrícola, com ênfase em Engenharia de Construções Rurais, atuando principalmente nos seguintes temas: ambiente animal, bioclimatologia animal, instalações agrícolas, conforto térmico animal e agropecuária de precisão.

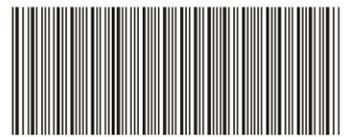
silvia.turco@univasf.edu.br

Valéria Peixoto Borges: Agrônoma graduada pela Universidade Federal da Bahia, Mestre em Ciências Agrárias (área de concentração Engenharia e Manejo de Irrigação) pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia e doutora em Meteorologia pela Universidade Federal de Campina Grande, com sua tese na Linha de Pesquisa Agrometeorologia e Micrometeorologia com Sensoriamento Remoto. Foi professora da Universidade Federal de Campina Grande, no Centro de Ciências em Tecnologia Agroalimentar nos anos de 2012 e 2013. Em 2013, transferiu-se para o Departamento de Solos e Engenharia Rural, lecionando para os cursos de Agronomia, Biologia e Zootecnia. É docente colaboradora no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFCG. Tem experiência e atua com Instrumentação Ambiental, Sensoriamento Remoto e Meteorologia aplicada à Produção Agrícola e Ambiente Animal.

valeria.borges@academico.ufpb.br



Universidade Federal
de Campina Grande



978-65-00-84801-4