

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL REI

YASMIN PENIDO LOPES

**ANÁLISE DE AMBIENTE TÉRMICO EM PROTÓTIPOS DE GALPÕES PARA
AVES COM DIFERENTES TIPOS DE COBERTURA**

SÃO JOÃO DEL REI

2026

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL REI

CAMPUS TANCREDO DE ALMEIDA NEVES

CURSO DE BACHARELADO EM ZOOTECNIA

**ANÁLISE DE AMBIENTE TÉRMICO EM PROTÓTIPOS DE GALPÕES PARA
AVES COM DIFERENTES TIPOS DE COBERTURA**

YASMIN PENIDO LOPES

Graduanda em Zootecnia

SÃO JOÃO DEL REI

2026

YASMIN PENIDO LOPES

**ANÁLISE DE AMBIENTE TÉRMICO EM PROTÓTIPOS DE GALPÕES PARA
AVES COM DIFERENTES TIPOS DE COBERTURA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Zootecnia da
Universidade Federal de São João del Rei
como requisito à obtenção do título de
bacharelado em Zootecnia.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. VANUSA PATRÍCIA DE ARAÚJO FERREIRA (*UFSJ/CTAN*)

São João del Rei

JULHO, 2026

“Procure deixar o mundo um pouco melhor do que o encontrou.”

– Robert Baden-Powell

YASMIN PENIDO LOPES

ANÁLISE DE AMBIENTE TÉRMICO EM PROTÓTIPOS DE GALPÕES PARA AVES
COM DIFERENTES TIPOS DE COBERTURA

Defesa Aprovada pela Comissão Examinadora em: ____/____/____

Comissão Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **VANUSA PATRICIA DE ARAUJO FERREIRA**
Data: 17/07/2026 17:47:58-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dr^a. Vanusa Patrícia de Araújo Ferreira
Departamento de Zootecnia UFSJ
Orientadora

Documento assinado digitalmente
 **MARIANA RESENDE**
Data: 17/07/2026 14:44:39-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr^a. Mariana Resende
Zootecnista

Documento assinado digitalmente
 **LINDA AUXILIADORA DE ASSIS SILVEIRA**
Data: 17/07/2026 17:26:24-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Linda Auxiliadora de Assis Silveira
Zootecnista/Médica Veterinária

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito de diferentes tipos de coberturas sobre o ambiente térmico em protótipos de galpões avícolas na cidade de São João del-Rei - MG. Foram comparados telhados galvanizados, de fibrocimento revestido com manta líquida, telhado verde e colonial. Para avaliar o desempenho térmico das coberturas, foram realizadas medições de temperatura em três horários do dia (10h, 12h e 15h) durante quinze dias. As temperaturas internas dos protótipos foram registradas por meio de globos negros, enquanto as temperaturas superficiais externas das coberturas foram obtidas através de termômetro infravermelho. Foram realizadas medições da umidade relativa do ar com termohigrômetros, cálculo do Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU), aferição da temperatura da cama e incorporação desse valor à média de temperatura do protótipo. Os dados foram submetidos a análise estatística utilizando o software R versão 4.5.1 (R Core Team, 2025). Após a análise dos dados, concluiu-se que o telhado colonial apresentou o melhor desempenho térmico, com menores valores de ITGU, maior redução da carga térmica ao longo do dia e manutenção de valores negativos de ΔT mesmo nos períodos de maior estresse ambiental.

Palavras Chave: avicultura de corte, bem-estar, conforto térmico, modelos reduzidos.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of different roofing types on the thermal environment within poultry house prototypes in the city of São João del-Rei, MG. The roofs compared were galvanized steel, fiber-cement coated with a liquid membrane, green roof, and traditional clay tile (*colonial*). To assess thermal performance, temperature measurements were taken at three times of day (10:00, 12:00, and 15:00) over a fifteen-day period. Internal prototype temperatures were recorded using black globe thermometers, while external surface temperatures of the roofs were obtained via an infrared thermometer. Measurements included relative humidity using thermo-hygrometers, calculation of the Black Globe-Humidity Index (BGHI), and assessment of litter temperature (with this value incorporated into the prototype's average temperature). Data were subjected to statistical analysis using R software version 4.5.1 (R Core Team, 2025). The analysis concluded that the traditional clay tile roof exhibited the best thermal performance, characterized by lower BGHI values, greater reduction of thermal load throughout the day, and the maintenance of negative ΔT values even during periods of peak environmental stress.

Keywords: broiler farming, animal welfare, thermal comfort, reduced models.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Campo experimental com os 4 protótipos analisados.....	23
Figura 2 – Telhado metálico galvanizado.....	24
Figura 3 – Telhado de fibrocimento com aplicação de manta líquida acrílica emborrachada e reflexiva sobre a superfície da cobertura.	24
Figura 4 - Camada de argila expandida aplicada sobre a lona impermeabilizante no telhado verde.....	25
Figura 5 – Aplicação de camada de solo sobre a manta geotêxtil no sistema de telhado verde.	26
Figura 6 - Telhado verde com cobertura vegetal (grama) após implantação do sistema.	26
Figura 7 – Telhado cerâmico do tipo colonial utilizado no experimento.	27
Figura 8 - Cortina feita de sacos de ráfia.	28
Figura 9 - Piso coberto por maravalha, simulando uma cama de aviário.	29
Figura 10 - Termômetro infravermelho utilizado nas medições de temperatura dos telhados.....	30
Figura 11 - Pontos de coleta da temperatura na região frontal (A) e posterior (B) dos protótipos.....	31
Figura 12 – Planilha utilizada para registro das medições de temperatura nos três horários diários de avaliação durante o experimento.	31
Figura 13 – Termohigrômetro acondicionado em globo negro.	32
Figura 14 - Sistema de monitoramento de temperatura.....	32
Figura 15 – Termo-higrômetro digital com sensor em globo negro posicionado na área externa dos protótipos, no centro do campo experimental.	33
Figura 16 – Distribuição dos valores de temperatura interna dos protótipos submetidos a diferentes tipos de cobertura durante o período experimental.	38
Figura 17 – Variação da temperatura média dos protótipos submetidos a diferentes sistemas de cobertura nos horários de avaliação.	39
Figura 18 – Distribuição dos valores de ITGU submetidos a diferentes tipos de cobertura durante o período experimental.	43
Figura 19 – Variação dos valores médios de ITGU dos protótipos submetidos a diferentes sistemas de cobertura nos horários de avaliação.....	44

Figura 20 - Valores médios ajustados de ITGU em função dos horários de avaliação para cada sistema de cobertura.	47
Figura 21 - Valores médios ajustados ITGU em função dos sistemas de cobertura e horários de avaliação.	48
Figura 22 - Boxplot do Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU) do ambiente externo em função dos horários de coleta.	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores ideais de temperatura ($T^{\circ}\text{C}$), Umidade Relativa (UR) e Índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) em função da idade das aves.....	17
Tabela 2 - Valores de p do teste de Shapiro-Wilk aplicado aos resíduos dos modelos lineares mistos ajustados para temperatura do protótipo e Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU).....	37
Tabela 3 – Análise de variância do modelo linear misto para a temperatura interna dos protótipos.....	40
Tabela 4 - Temperaturas médias ajustadas ($^{\circ}\text{C}$) dos protótipos em função dos sistemas de cobertura.	41
Tabela 5 - Temperaturas médias ajustadas ($^{\circ}\text{C}$) dos protótipos em função dos horários de avaliação.	42
Tabela 6 - Análise de variância do modelo linear misto ajustado para o Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU).	45
Tabela 7 - Valores médios ajustados do Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU) em função dos sistemas de cobertura e dos horários de avaliação.	46

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 Avicultura de corte no Brasil	13
2.2 Fisiologia das aves	14
2.3 Ambiência na avicultura.....	15
2.4 Coberturas de galpões avícolas	18
2.5 Índices de conforto térmico.....	21
3. MATERIAIS E MÉTODOS	22
3.1 Local e período	22
3.2 Sistemas de cobertura utilizados	23
3.3 Procedimentos experimentais.....	29
3.4 Análises Estatísticas	33
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
BIBLIOGRAFIA	52

1. INTRODUÇÃO

A avicultura de corte representa um dos setores mais importantes do agronegócio brasileiro, destacando-se pelo elevado nível de tecnificação, eficiência produtiva e significativa participação nos mercados internos e externos. Nas últimas décadas, essa atividade passou por profundas mudanças, impulsionadas principalmente pelos avanços no melhoramento genético, na nutrição, no manejo e na sanidade avícola, o que consolidou o Brasil como um dos principais produtores e exportadores mundiais de carne de frango (SAFRAS & MERCADO, 2025).

No Brasil, o sistema de criação de frangos de corte é predominantemente realizado por meio do sistema de integração vertical sendo que as integradoras fornecem os animais e os insumos (ração e produtos) e, os produtores, as instalações e mão de obra de manejo com o objetivo de obter animais com peso e tamanho demandados pela indústria. Nesse caso, instalações bem projetadas e com estrutura que forneçam ambiência própria para o desenvolvimento dessas aves são amplamente difundidas, sendo necessária a adequação para cada região produtora embasado em modelos produtivos adaptadas às características de cada região produtora, considerando os modelos produtivos adotados pelas empresas integradoras e as condições locais de produção. (SILVA, 2013).

A ambiência das instalações avícolas assume papel essencial na eficiência produtiva, uma vez que as aves são animais homeotérmicos e apresentam elevada sensibilidade às variações de temperatura e umidade. A ausência de glândulas sudoríparas limita sua capacidade de dissipação de calor, tornando os mecanismos de termorregulação (condução, convecção, radiação e respiração) fundamentais para a manutenção do equilíbrio fisiológico (CARVALHO, 2020).

Condições ambientais como ventilação, densidade de alojamento e, sobretudo, o sistema de cobertura dos galpões exercem influência direta sobre o conforto térmico das aves. A cobertura atua como uma barreira à radiação solar, modificando a carga térmica no interior das instalações e afetando diretamente o bem-estar animal e o desempenho produtivo por meio de alterações no consumo de ração e água, na conversão alimentar e na ocorrência de enfermidades (BRITO *et al.*, 2020).

Das coberturas para galpões, há destaque no uso de alguns materiais, sendo os mais comuns as telhas de cerâmicas, por proporcionarem melhor isolamento térmico, evitando mudanças bruscas de temperatura dentro das instalações; as de fibrocimento, por apresentarem menor custo de aquisição, podem afetar o conforto térmico por não possuírem tanta eficiência no isolamento térmico (CARVALHO, 2020).

Telhas de zinco ou alumínio também são amplamente utilizadas por serem de elevada durabilidade e possibilitarem sua utilização em estruturas que possuem vão longos, porém apresentam menor capacidade de isolamento térmico principalmente quando a luz solar incide diretamente sobre elas. Nesse último caso, como alternativa para reduzir esse efeito, destacam-se as coberturas termoacústicas, que possuem uma camada de isolante de poliestireno expandido (EPS) entre duas telhas. Além disso, alguns galpões utilizam de telhas de PVC pois são mais modernas e destacam-se por sua resistência aos mais diversos cenários, por sua leveza e por sua alta durabilidade (BRASIL, 2024).

Embora existam diferentes alternativas de coberturas disponíveis para galpões avícolas, a eficiência térmica desses materiais pode variar em função das condições climáticas locais, tornando inadequada a extrapolação de resultados obtidos em outras regiões (BRITO et al., 2020). Nesse contexto, estudos que comparem o desempenho de diferentes tipos de cobertura em condições específicas de cada localidade são essenciais para subsidiar a escolha de materiais que favoreçam o conforto térmico das aves e contribuam para sistemas de produção mais eficientes. Dessa forma, torna-se necessária a avaliação comparativa de diferentes coberturas em condições representativas da região, permitindo identificar alternativas capazes de reduzir a carga térmica no interior das instalações e fornecer informações que possam auxiliar produtores e pesquisadores na tomada de decisão quanto ao uso desses materiais (SILVA et al., 2015)

Portanto, este estudo teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes sistemas de cobertura sobre as condições térmicas, a umidade relativa do ar e o Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU) no interior dos protótipos ao longo do dia.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Avicultura de corte no Brasil

A avicultura brasileira teve início no período colonial, com a introdução das primeiras galinhas pelos portugueses por volta de 1500. Desde os anos 2000, a avicultura tem apresentado expressivo crescimento e modernização, tornando-se uma das mais desenvolvidas do mundo. A avicultura brasileira evoluiu de uma atividade de subsistência para um sistema altamente tecnificado, tornando-se uma das cadeias produtivas mais importantes do agronegócio nacional (BRAGA *et.al.*, 2024).

Em 2025, a avicultura brasileira alcançou destaque no cenário mundial, registrando produção recorde de 15,289 milhões de toneladas de carne de frango produzidas, mantendo sua posição de maior exportador mundial, o que representa aproximadamente 40% do cenário global, com uma receita de U\$ 9.791 milhões. Além disso, o consumo per capita teve ligeiro aumento, chegando a 46,7 kg/habitante e o estado do Paraná obteve o título de maior produtor dessa proteína, representando 38,93% da produção brasileira, seguido por Santa Catarina com 13,65% e Rio Grande do Sul com 13,13%. Esses estados também lideram as exportações brasileiras de carne de frango, mantendo a mesma sequência e com valores de 40,76%, 23,28% e 13,30% respectivamente (ABPA, 2026).

O Brasil possui clima predominantemente tropical, caracterizado por elevadas temperaturas durante grande parte do ano, o que torna o controle do ambiente térmico um dos principais desafios da avicultura de corte. Nessas condições, o estresse térmico pode comprometer o desempenho produtivo das aves, reduzindo o consumo de ração, o ganho de peso, a eficiência alimentar e o bem-estar animal. Assim, o aumento da produtividade na avicultura não depende apenas dos avanços em genética, nutrição e manejo, mas também da adoção de estratégias de ambiência capazes de proporcionar condições térmicas adequadas ao desenvolvimento das aves (KPOMASSE *et.al.*, 2021).

Diante do contexto histórico, o crescimento da avicultura brasileira pode ser atribuído a fatores como os avanços no melhoramento genético, as melhorias na alimentação e no manejo das aves, a integração produtor-indústria, maior controle sanitário durante o processo produtivo e a expansão do mercado (EMBRAPA, 2021).

Sendo assim, a elevada produtividade da avicultura moderna exige condições ambientais adequadas, tornando a ambiência um dos principais fatores para o sucesso da produção intensiva.

2.2 Fisiologia das aves

As aves são animais homeotérmicos, ou seja, mantêm a temperatura corporal relativamente constante (MANGAN, 2024). No entanto, não possuem glândulas sudoríparas, o que limita a dissipação de calor para o ambiente. Dessa forma, realizam as trocas térmicas por meio da condução, convecção, radiação e respiração, buscando manter o equilíbrio da temperatura corporal (AVISITE, 2010).

O organismo de aves e mamíferos é considerado homeostático, portanto, o sistema nervoso e os demais sistemas do corpo atuam de forma simultânea para manter o equilíbrio fisiológico (RODRIGUES, 2013). Nesse processo, a termorregulação ocorre através da ativação de termorreceptores periféricos, onde os estímulos são conduzidos até o hipotálamo, responsável pelo processamento dessas informações e por acionar os órgãos e estruturas que promovem a perda ou ganho de calor, mantendo a temperatura corporal dentro de limites adequados (BRAZ, 2005).

Quando as aves apresentam hipertermia, esses indivíduos utilizam mecanismos fisiológicos como: aumento da frequência respiratória para que haja troca de calor com o ar dentro dos sacos aéreos, recolhimento das penas junto ao organismo para que a camada isolante seja diminuída e conseqüentemente haja melhor troca de calor com o ambiente e a vasodilatação aumentando a troca de calor entre o sangue e o meio. Em casos de hipotermia, há a ativação de mecanismos para manutenção da temperatura corporal sendo os principais o tremor (movimentos realizados com músculos) para produção de calor, a vasoconstrição visando a diminuição da área de troca de calor do sangue com o meio e o eriçamento de penas para criar uma camada de ar entre elas e assim manter a temperatura corporal (AZEVEDO *et al*, 2021).

Aves com até 5 semanas de idade são recobertas por penugem. Essa estrutura não possui alta eficiência de isolamento, sendo necessário aquecimento do ambiente interno dos galpões juntamente com o agrupamento dos pintos durante a fase inicial para que seja alcançado o conforto térmico. Após esse período, as aves iniciam um

processo chamado de muda, período que surgem as penas que irão substituir a penugem e melhorar o isolamento térmico do organismo. A medida que as aves envelhecem, a temperatura interna do galpão deve diminuir para que, o calor gerado pelo sistema de termorregulação, seja dissipado por meio da convecção (FIUZA, 2021).

Os pintinhos apresentam maior exigência de temperatura ambiente elevada, porque ainda não possuem um sistema termorregulador completamente desenvolvido, o que reforça a importância dos mecanismos fisiológicos de termorregulação durante o ciclo de produção. Estruturas como cristas e barbelas auxiliam em questões de termorregulação atuando como superfícies de dissipação de calor devido à elevada vascularização. (FLORIANO, 2013).

Alterações na temperatura ambiente comprometem o balanço térmico das aves, reduzindo o consumo de ração, piorando a conversão alimentar, diminuindo o ganho de peso e aumentando o estresse fisiológico. Dessa forma, torna-se fundamental o emprego de instalações que favoreçam a manutenção do conforto térmico durante todo o ciclo de produção (KPOMASSE et. al., 2021).

As aves apresentam uma faixa de temperatura ambiental denominada zona de termoneutralidade, na qual conseguem manter a temperatura corporal com mínimo gasto energético para os processos de termorregulação. Quando expostas a temperaturas acima ou abaixo dessa faixa, ocorre o estresse térmico, levando ao aumento do gasto energético para manutenção da homeotermia e, consequentemente, à redução do desempenho produtivo, do consumo de ração e do bem-estar animal (LARA et. al., 2013).

Dessa forma, animais nos mais diversos ambientes tendem a ter respostas negativas ou positivas, afetando principalmente seu consumo de ração que, consequentemente, altera valores de conversão alimentar e ganho de peso (BIALLI, 2014).

2.3 Ambiência na avicultura

A ambiência na avicultura compreende o conjunto de fatores ambientais que exercem influência direta sobre o bem-estar, a saúde e o desempenho produtivo das

aves (PEREIRA, 2025 apud BRIDI, 2014). Quando submetidas a práticas de manejo adequadas, as aves apresentam comportamento mais próximo do natural, melhor desempenho zootécnico e melhores índices de conversão alimentar e ganho de peso. Em sistemas intensivos de criação, o controle adequado de variáveis como temperatura, umidade relativa do ar, ventilação e luminosidade torna-se essencial para a manutenção do conforto térmico dos animais.

Além da temperatura, a umidade relativa do ar exerce influência direta sobre o conforto térmico das aves. Em condições de elevada umidade, a dissipação de calor por evaporação torna-se menos eficiente, dificultando a perda de calor pela respiração, principal mecanismo de termorregulação utilizado pelas aves em situações de calor. Como consequência, aumenta a suscetibilidade ao estresse térmico, comprometendo o bem-estar, o desempenho produtivo e as respostas fisiológicas dos animais. Dessa forma, a avaliação conjunta da temperatura e da umidade relativa do ar é fundamental para caracterizar adequadamente o ambiente térmico em instalações avícolas (LARA et al., 2013).

Nesse contexto, a exposição das aves a condições ambientais inadequadas como temperatura elevada pode desencadear estresse térmico, comprometendo significativamente o desempenho zootécnico (PEREIRA, 2022). Entre os principais efeitos, destacam-se a redução do consumo alimentar, a diminuição do ganho de peso e o aumento dos índices de mortalidade, impactando diretamente a eficiência produtiva do sistema (SILVA, 2016).

O estresse térmico, seja ele por frio ou calor, é um dos fatores de maior impacto em aves de produção. Aves de corte, quando pintainhas, são sensíveis ao frio e aves próximas ao período de abate, são mais sensíveis ao calor, logo, é necessário um controle adequado de temperatura e umidade do ar dentro do ambiente de criação durante todo o ciclo produtivo, fazendo-se necessário a implantação de sistemas de ventilação e nebulização dentro dos galpões, bem como o manejo de subida e descida das cortinas, promovendo o conforto térmico necessário. Quando expostas a mudanças repentinas de temperatura e umidade, as aves modificam seu comportamento e ativam respostas fisiológicas para manter o equilíbrio térmico (SILVA, 2013 apud OLIVEIRA et al., 2019).

A temperatura de conforto para frangos de corte varia principalmente de acordo com a idade das aves, conforme apresentado na Tabela 1. (NASCIMENTO, 2016 *apud* OLIVEIRA *et al.*, 2019)

Tabela 1 – Valores ideais de temperatura (T°C), Umidade Relativa (UR) e Índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) em função da idade das aves. Fonte: Nascimento, 2016 *apud* Oliveira *et al.*, 2019.

Idade (semana)	T °C	UR (%)	ITGU ao nível das aves
1	34 – 32	60 - 70	80 – 86
2	32 – 28	60 - 70	76- 80
3	28 – 26	60 - 70	65 – 77
4	26 – 24	60 - 70	65 - 77
5	18 – 24	60 - 70	65 – 77
6	18 - 23	60 - 70	65 – 77
7	15 - 23	60 - 70	65 - 77

Na primeira semana de vida, a faixa ideal situa-se em torno de 32 a 34°C, sendo reduzida gradualmente nas semanas seguintes (ROSS, 2009). Essas variações nos valores ideais ao longo do tempo estão relacionadas, principalmente, às mudanças na genética e na nutrição das aves (NASCIMENTO, 2016 *apud* OLIVEIRA *et al.*, 2019).

As aves transformam a ração e a água em energia para manutenção do organismo e crescimento, porém, esse processo não é totalmente eficiente, o que gera calor e umidade no ambiente de criação (SANTOS *et al.*, 2012). A ventilação adequada contribui para a remoção do calor excessivo, controle da umidade e redução da concentração de gases nocivos, como amônia e dióxido de carbono, promovendo melhores condições de conforto térmico para as aves (AVIAGEN, 2018). Quando inadequada, pode intensificar o estresse térmico e prejudicar o desempenho produtivo. Embora a ventilação seja uma importante ferramenta para o controle da temperatura e da umidade do ar no interior dos aviários, sua eficiência depende das características construtivas da instalação. Nesse contexto, o sistema de cobertura exerce papel fundamental, pois interfere na incidência da radiação solar e no ganho de calor do ambiente interno.

A densidade na criação de frangos é fator importante quando se trata de gestão e desempenho econômico (SHYNKARUK, 2023). Autores como (CENGIZ *et al.*, 2015) e (GOO *et al.*, 2019) relatam melhoria em parâmetros de consumo de ração, ganho de peso corporal e conversão alimentar conforme a densidade dentro dos galpões é

reduzida, resultando em melhoria na produção. Em estudo (NUNES, 2024), chegou à conclusão de que a mudança de densidade de 11 para 13 aves/m² não afetou negativamente a conversão alimentar, apenas o consumo de ração e ganho de peso das linhagens estudadas e que, o aumento desse parâmetro não tem influência quando se trata de características de carcaça.

Conforme a densidade é aumentada, o controle de algumas variáveis como bem-estar animal e ambiente interno, torna-se mais difícil. Nesses casos, há competição dos recursos (cama, alimento, água, movimentação) que pode causar desuniformidade no lote e perdas econômicas em relação a produção de kg/m². Para obter os valores ideais de densidade deve-se obter informações como o clima, modelo do galpão, nível de tecnificação e disponibilidade de mão de obra entre outros parâmetros e assim obter o máximo de produção sem afetar o bem-estar dos animais (PINHEIRO, 2020). Esse mesmo autor chegou à conclusão, que a densidade de alojamento de 13,54 aves/m² para machos da raça Cobb 500 foi o valor em que se obteve maior produção de kg/m², sem prejuízos na produção.

Estudos apontam que densidades acima de 18 aves/m² aumentam a produção de calor no ambiente e podem comprometer o conforto térmico, o bem-estar e o desempenho das aves. Recomenda-se manter um número entre 10 e 18 aves/m², priorizando sempre a menor quantidade. (EMBRAPA, 2025).

Além dos fatores relacionados ao manejo e ao controle ambiental, as características construtivas dos aviários também desempenham papel fundamental na manutenção do conforto térmico das aves. Dentre esses fatores, destaca-se o sistema de cobertura, que influencia diretamente a troca de calor entre o ambiente externo e interno das instalações.

2.4 Coberturas de galpões avícolas

A cobertura dos galpões avícolas desempenha papel fundamental na manutenção do conforto térmico das aves, uma vez que o telhado representa a principal superfície de incidência da radiação solar sobre a instalação. A radiação incidente sobre a cobertura é um dos principais fatores responsáveis pelo aumento da carga térmica no interior dos aviários, podendo favorecer a ocorrência de estresse

térmico, de forma a contribuir negativamente no desempenho produtivo e fisiológico dos animais (BRITO *et al.*, 2020).

Nesse contexto, as propriedades térmicas dos materiais empregados na cobertura influenciam diretamente as condições microclimáticas do ambiente interno. Materiais que apresentam maior refletividade solar e menor condutividade térmica tendem a proporcionar melhores condições de conforto térmico, reduzindo a temperatura interna das instalações (FREITAS *et al.*, 2023).

Além da escolha do material, estratégias complementares, como uso de forros e pinturas reflexivas, podem aumentar o desempenho térmico das coberturas. Medidas como estas tendem a reduzir a absorção de calor pela estrutura do galpão e auxiliam na manutenção de condições ambientais mais favoráveis à criação das aves (FREITAS *et al.*, 2023; AGROCERES MULTIMIX, 2022).

A cobertura pode representar uma das principais fontes de ganho térmico por radiação nos aviários, podendo contribuir significativamente para a carga térmica interna (TINÔCO, 2001 *apud* FREITAS *et al.*, 2013) e a coloração do telhado também interfere nesse processo, sendo que superfícies mais escuras tendem a reter mais calor e aumentar a temperatura interna dos galpões.

Além da radiação, outras formas de transferência de calor em galpões avícolas são a condução através dos materiais da cobertura e convecção, de acordo com a circulação de ar no ambiente interno (CASTRO, 2012). Esses mecanismos, quando associados às características térmicas de diferentes tipos de materiais, são determinantes para a expressão do microclima interno das instalações.

O isolamento térmico da cobertura é um fator importante para o controle do ambiente interno dos galpões, pois interfere diretamente na troca de calor entre o meio externo e o interior (AVINEWS, 2025). Ele corresponde à capacidade do material de reduzir a passagem de calor, contribuindo para a manutenção de condições ambientais mais adequadas. No caso dos frangos de corte, isso é determinante, já que as aves são sensíveis às variações de temperatura. Assim, coberturas com melhor desempenho de isolamento ajudam a manter o conforto térmico dentro das instalações de produção, colaborando para uma ambiência adequada (EMBRAPA SUÍNOS E AVES, 2018).

Telhados formados por materiais mais porosos possuem maior resistência térmica, isto é, possuem baixa condutividade térmica do ar presentes em seus espaços vazios (BRITO *et al.*, 2020). Como exemplo, temos os telhados de fibrocimento que apresentam baixa capacidade de isolamento térmico quando utilizados sem materiais complementares e pouca resistência, podendo ser facilmente danificada; outro exemplo são as telhas de cerâmica que funcionam da mesma forma quando se trata da resistência térmica, porém já são mais robustas e, conseqüentemente, mais onerosas. Por outro lado, materiais como a telha galvanizada, possuem alta resistência, porém são ineficientes na questão de isolamento térmico, além de emitirem sons que podem prejudicar as aves quando há chuva ou queda de objetos em sua superfície (CASTRO, 2012). Por fim, telhados alternativos como o caso dos telhados verdes, que presença de camadas vegetais e substratos reduz a transferência de calor pela cobertura devido ao sombreamento, evapotranspiração e capacidade de armazenamento térmico dos materiais utilizados, são excelentes para isolamento térmico, porém são extremamente onerosos, pois necessitam de várias camadas de diversos materiais para instalação (ZANELLA *et al.*, 2023).

Diante dessas características, a comparação entre diferentes tipos de cobertura torna-se importante para compreender como as propriedades físicas de cada material influenciam o ambiente térmico interno das instalações avícolas. Neste estudo, foram avaliados telhados de chapa galvanizada, fibrocimento revestido com manta líquida, telhado verde e telha colonial, por representarem alternativas com diferentes comportamentos térmicos e distintos níveis de custo e aplicabilidade na avicultura. A cobertura galvanizada foi selecionada por sua ampla utilização e elevada absorção de calor, o fibrocimento revestido com manta líquida por representar uma alternativa de melhoria térmica em um material amplamente empregado, o telhado verde por seu elevado potencial de isolamento térmico e redução da carga térmica, e a telha colonial por suas características construtivas associadas ao maior conforto térmico. Dessa forma, a comparação entre esses tratamentos permite avaliar a eficiência de diferentes estratégias de cobertura na redução do estresse térmico e na melhoria das condições microclimáticas em galpões avícolas.

2.5 Índices de conforto térmico

O desempenho produtivo de frangos de corte está diretamente relacionado às condições ambientais, sendo o conforto térmico essencial para o bem estar e a eficiência de produção. O estresse térmico reduz o consumo de ração, o ganho de peso e a conversão alimentar, comprometendo o desempenho zootécnico das aves (BRUGALETTA *et al.*, 2022).

A avaliação do ambiente térmico pode ser realizada através de índices de conforto como o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e o ITGU, que integram variáveis ambientais para caracterizar as condições de criação. Embora o ITU seja amplamente utilizado, o ITGU apresenta maior capacidade de representar o ambiente térmico em instalações avícolas por incorporar o efeito da radiação térmica. Sendo assim, o ITGU é considerado mais representativo por incluir a temperatura de globo negro, permitindo avaliar os efeitos da radiação térmica, além da temperatura do ar e da umidade relativa, além disso o ITGU é amplamente utilizado para avaliar o ambiente térmico em instalações avícolas, pois considera simultaneamente os efeitos da temperatura radiante e da umidade do ar sobre o conforto das aves. De modo geral, quanto maior o valor do ITGU, maior a carga térmica ambiental e, conseqüentemente, maior a probabilidade de ocorrência de estresse térmico, indicando condições menos favoráveis ao bem-estar e ao desempenho produtivo dos animais. (CALDERARO *et al.*, 2023).

A umidade relativa do ar também influencia a capacidade das aves de dissipar calor por evaporação. Em ambientes com umidade elevada, esse mecanismo torna-se menos eficiente, intensificando os efeitos do estresse térmico e prejudicando o desempenho produtivo (ONAGBESAN *et al.*, 2023).

Dessa forma, por considerar simultaneamente a temperatura, a umidade e a radiação térmica, o ITGU é um dos índices mais utilizados para a avaliação do conforto térmico em instalações avícolas, particularmente em regiões de clima tropical, onde a carga térmica radiante exerce influência significativa sobre o ambiente de criação (IGLESIAS *et al.*, 2021).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Local e período

O trabalho foi conduzido na área experimental do Laboratório de Bioclimatologia e Bem-estar Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de São João del-Rei, localizado no Campus Tancredo Neves em São João del-Rei-MG, no período de 01 de junho a 05 de julho de 2024, onde foram selecionados 15 dias não consecutivos, ensolarados, onde não houvesse presença de nuvens e nevoeiros na frente do sol, de forma que o sol irradiasse todas as coberturas, para a realização da coleta de dados.

O município possui latitude 21° 08' 08" S e longitude 44° 15' 42" W. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é considerado Cwa (temperado úmido com inverno seco e verão quente) e com pluviosidade média anual de 1263 mm (INMET, 2022).

Os galpões estavam dispostos em sentido leste-oeste, cercado por vegetação nativa previamente aparada. De acordo com recomendações propostas por Baêta e Souza (2010), em latitudes em regiões próximas à Linha do Equador, os galpões construídos na direção leste-oeste tendem a apresentar melhores índices de conforto térmico aos animais, visto que há uma menor penetração direta dos raios solares na instalação.

A estrutura dos protótipos era de alvenaria, com dimensões de 1,29 m de comprimento, 1,00 m de largura, 90 cm de altura, beiral de 20 cm e inclinação do telhado de 30° sendo este último parâmetro conforme proposto por Vigoderis (2007). A estrutura dos protótipos era composta por alvenaria de tijolos cerâmicos e a pintura foi realizada com três demãos de tinta acrílica branca, solúvel em água, aplicada na parte externa e interna dos protótipos. Os modelos foram posicionados em local sem sombreamento e distanciados a 4,0 metros entre si (Figura 1).



Figura 1 - Campo experimental com os 4 protótipos analisados.

3.2 Sistemas de cobertura utilizados

Foram avaliados quatro sistemas de cobertura: telhado galvanizado, telhado de fibrocimento com aplicação de manta líquida, telhado verde e telhado colonial. O telhado metálico galvanizado foi composto por chapas metálicas sem isolamento térmico adicional (Figura 2).



Figura 2 – Telhado metálico galvanizado.

O sistema de cobertura em fibrocimento consistiu na utilização de telhas convencionais, de 0,35mm com aplicação de manta líquida em duas demãos, sobre sua superfície, visando reduzir a absorção de calor (Figura 3).



Figura 3 – Telhado de fibrocimento com aplicação de manta líquida acrílica emborrachada e reflexiva sobre a superfície da cobertura.

O telhado verde foi constituído por um sistema em camadas, composto inicialmente por uma lona impermeabilizante aplicada sobre a estrutura da cobertura

(tábua de madeira). Sobre essa camada, foi disposta argila expandida, utilizada como material drenante e auxiliar na redução do acúmulo de água (Figura 4).



Figura 4 - Camada de argila expandida aplicada sobre a lona impermeabilizante no telhado verde.

Em seguida, foi instalada uma manta geotêxtil de coloração branca, atuando como camada de separação e filtragem. Posteriormente, foi adicionada uma camada de solo (Figura 5), sobre a qual foi implantada a vegetação (grama), responsável pelo sombreamento da superfície e pela contribuição no isolamento térmico do sistema. A grama utilizada foi a grama-esmeralda (*Zoysia japonica*) (Figura 6).



Figura 5 – Aplicação de camada de solo sobre a manta geotêxtil no sistema de telhado verde.



Figura 6 - Telhado verde com cobertura vegetal (grama) após implantação do sistema.

O telhado cerâmico do tipo colonial foi constituído por telhas de barro tradicionais, amplamente utilizadas em construções rurais (Figura 7).



Figura 7 – Telhado cerâmico do tipo colonial utilizado no experimento.

Todas as coberturas foram avaliadas sob condições semelhantes de instalação, de modo a permitir a comparação dos seus efeitos sobre a temperatura e a umidade relativa do ar no interior dos protótipos ambientais.

Para simular as cortinas laterais normalmente utilizadas em aviários comerciais, foram utilizados sacos de rafia, posicionados e fixados horizontalmente nas áreas norte e sul dos protótipos, correspondentes às áreas abertas (Figura 8).



Figura 8 - Cortina feita de sacos de ráfia.

Seguindo o mesmo intuito, os pisos dos protótipos foram totalmente cobertos com maravalha de madeira de *Pinus sp.*, material amplamente utilizado como cama em galpões avícolas (Figura 9).



Figura 9 - Piso coberto por maravalha, simulando uma cama de aviário.

3.3 Procedimentos experimentais

Para aferir as temperaturas das coberturas, foi utilizado um Termômetro infravermelho MT-320 (Minipa®, Brasil) (Figura 10).



Figura 10 - Termômetro infravermelho utilizado nas medições de temperatura dos telhados.

Com o auxílio do termômetro, foram coletadas temperaturas em diferentes pontos do protótipo, sendo P1 o lado esquerdo da face interior de cada protótipo (lado voltado para dentro do campo experimental), P2 o lado direito da face interior, P3 o lado direito da face exterior (lado voltado para a área externa do campo experimental), P4 o lado esquerdo da face exterior, P5 a parte interna da cobertura voltada para a área interna do campo, P6 a parte interna da cobertura voltada para a área externa do campo e P7 o meio da cama de maravalha, como apresentado na Figura 11.

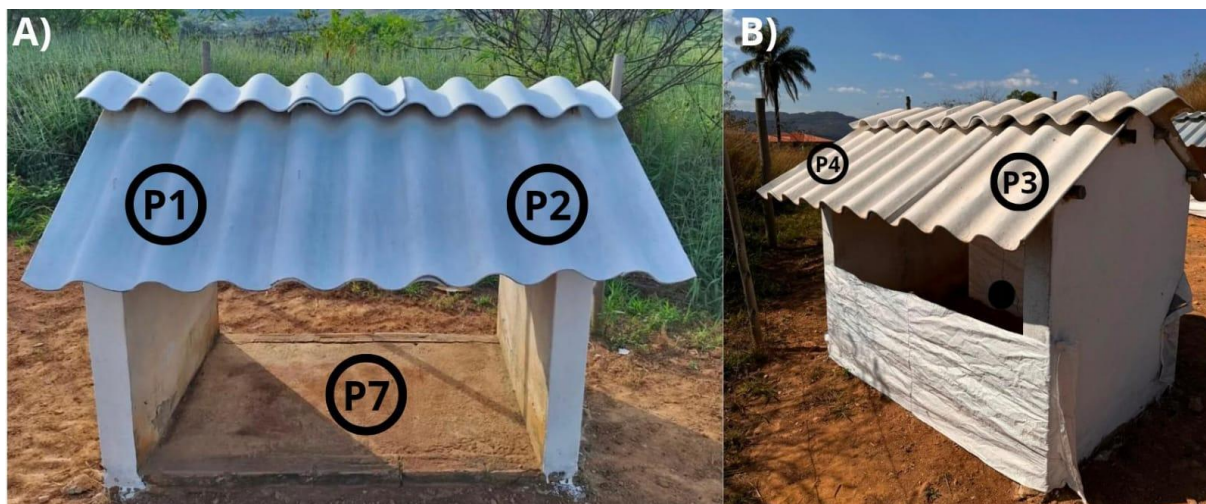


Figura 11 - Pontos de coleta da temperatura na região frontal (A) e posterior (B) dos protótipos.

Para cada horário de medição, de cada dia e protótipo, foi calculada uma média de temperatura, levando em consideração os 7 pontos de coleta (Figura 12).

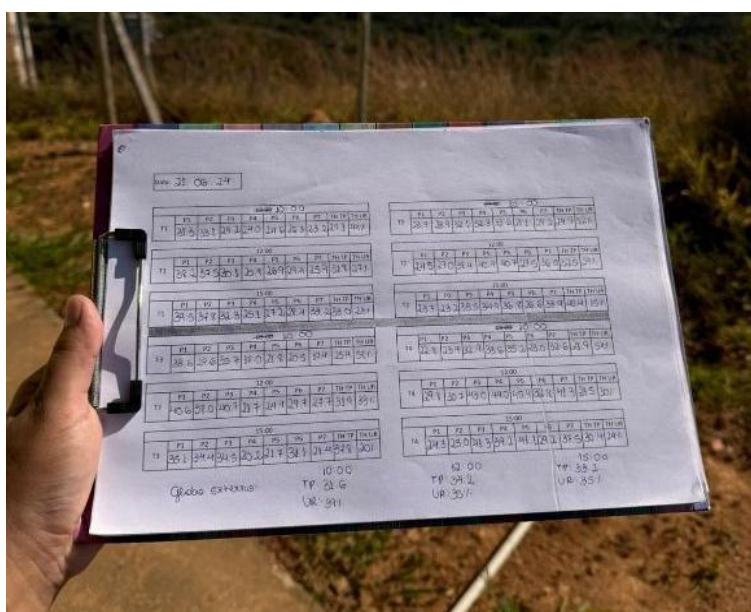


Figura 12 – Planilha utilizada para registro das medições de temperatura nos três horários diários de avaliação durante o experimento.

A temperatura e a umidade relativa interna foram monitoradas através de globos negros, posicionados no interior de cada protótipo (Figuras 13 e 14).



Figura 13 – Termohigrômetro acondicionado em globo negro.



Figura 14 - Sistema de monitoramento de temperatura

Os sensores foram acondicionados na parte interna de globos negros, mantidos na parte central de cada simulador de galpão e outro, mantido na parte externa

centralizado no campo experimental (Figura 15). Além do aparato físico, foram obtidos dados na plataforma do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), a partir da estação automática localizada no município.



Figura 15 – Termo-higrômetro digital com sensor em globo negro posicionado na área externa dos protótipos, no centro do campo experimental.

O cálculo do ITGU foi realizado com base nos dados de temperatura e umidade coletados durante o experimento e utilizando a equação de Buffington *et al.* (1981):

$$ITGU = Tgn + 0,36 Tpo + 41,5$$

Onde:

Tgn = temperatura de globo negro, dada em °C

Tpo = temperatura de ponto de orvalho, dada em °C

3.4 Análises Estatísticas

Para cada combinação entre sistema de cobertura, horário e dia de avaliação, foi calculada a média aritmética das temperaturas registradas nos sete pontos de

coleta de cada protótipo. A média foi utilizada por representar a condição térmica global de cada protótipo, uma vez que o objetivo do estudo foi comparar o desempenho térmico dos diferentes sistemas de cobertura e não avaliar diferenças entre os pontos de medição. As médias obtidas foram consideradas como unidade experimental e utilizadas no ajuste dos modelos lineares mistos, totalizando 180 observações.

Inicialmente, foi realizada análise exploratória dos dados por meio de estatísticas descritivas e representações gráficas, com o objetivo de avaliar o comportamento das variáveis, identificar possíveis valores discrepantes e verificar tendências gerais dos dados.

As variáveis temperatura interna dos protótipos e ITGU foram analisadas por meio de modelos lineares mistos.

A inclusão dos modelos mistos foi adotada considerando a estrutura de dependência existente entre as observações realizadas em um mesmo dia de avaliação. Dessa forma, os dias foram incorporados ao modelo como efeito aleatório, permitindo considerar a variabilidade ambiental existente entre os períodos experimentais.

O modelo linear misto ajustado foi:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + H_j + (TH)_{ij} + D_k + \varepsilon_{ijk}$$

em que:

Y_{ijk} - valor observado da variável resposta (temperatura interna ou ITGU) referente ao i-ésimo sistema de cobertura, j-ésimo horário de avaliação e k-ésimo dia de avaliação;

μ - média geral do experimento;

T_i - efeito fixo do i-ésimo sistema de cobertura ($i = 1, 2, 3, 4$);

H_j - efeito fixo do j-ésimo horário de avaliação ($j = 10h, 12h, 15h$);

$(TH)_{ij}$ - efeito da interação entre sistema de cobertura e horário de avaliação;

D_k - efeito aleatório do k-ésimo dia de avaliação, assumindo distribuição normal com média zero e variância σ^2_D ;

ε_{ijk} - erro aleatório associado à observação, assumindo distribuição normal com média zero e variância σ^2 .

O ITGU externo foi utilizado exclusivamente para caracterização das condições ambientais durante o período experimental, não sendo submetido às análises comparativas entre os sistemas de cobertura.

A significância dos efeitos fixos foi avaliada por meio da análise de variância tipo III, utilizando aproximação de graus de liberdade pelo método de Satterthwaite. Quando observados efeitos significativos, as médias ajustadas foram estimadas pelo procedimento de médias marginais estimadas (*estimated marginal means* – EMMEANS) e comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A adequação dos modelos foi avaliada por meio da análise gráfica dos resíduos, verificando-se os pressupostos de normalidade e homocedasticidade. Adicionalmente, a normalidade dos resíduos foi avaliada pelo teste de Shapiro-Wilk, ao nível de 5% de probabilidade, aplicado aos resíduos dos modelos ajustados.

Todas as análises estatísticas foram realizadas no software R, versão 4.5.1 (R Core Team, 2025). Os modelos lineares mistos foram ajustados com o pacote lme4 (Bates *et al.*, 2015), a análise de variância foi conduzida com o pacote lmerTest (Kuznetsova *et al.*, 2017) e as médias marginais estimadas foram obtidas com o pacote emmeans (Lenth, 2025).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, foram avaliados os pressupostos dos modelos lineares mistos utilizados na análise dos dados. Os resultados do teste de Shapiro-Wilk indicaram que os resíduos dos modelos ajustados apresentaram distribuição compatível com a normalidade para as variáveis temperatura do protótipo e ITGU (Tabela 2). A inspeção gráfica dos resíduos também não evidenciou desvios sistemáticos, observações influentes ou indícios de heterocedasticidade da variância, indicando um ajuste adequado dos modelos empregados. Além disso, a inclusão do efeito aleatório dia permitiu considerar a variabilidade decorrente das condições ambientais ao longo do período experimental, contemplando a estrutura de dependência existente entre observações obtidas em um mesmo dia de avaliação.

Tabela 2 - Valores de p do teste de Shapiro-Wilk aplicado aos resíduos dos modelos lineares mistos ajustados para temperatura do protótipo e Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU).

Variável	Shapiro-Wilk (p-valor)
Temperatura	0,0515
ITGU	0,0545

A distribuição da temperatura interna dos protótipos é apresentada na Figura 16. De forma geral, o tratamento T4 (telhado colonial) apresentou maiores temperaturas medianas e maior amplitude de variação quando comparado aos demais sistemas de cobertura. Em contrapartida, os tratamentos T1 (telhado galvanizado), T2 (fibrocimento com manta líquida) e T3 (telhado verde) apresentaram distribuições semelhantes, caracterizadas por menores temperaturas e menor variabilidade dos valores observados.

A menor variabilidade observada nesses tratamentos sugere maior capacidade de atenuar as oscilações térmicas ao longo do dia, característica desejável em instalações avícolas, uma vez que ambientes mais estáveis reduzem o risco de estresse térmico e favorecem o bem-estar das aves. Esse comportamento está de acordo com os resultados obtidos por Maria *et al.* (2025), que verificaram redução da temperatura interna e maior estabilidade térmica em protótipos de galpões avícolas equipados com coberturas que favorecem o isolamento térmico, especialmente quando associadas ao uso de telhados verdes. Os autores atribuíram esse efeito à menor transferência de calor para o interior das instalações e ao processo de evapotranspiração promovido pela vegetação.

Embora tenham sido observados alguns valores extremos, estes provavelmente estão associados às variações naturais das condições meteorológicas registradas durante os dias de coleta, não comprometendo a interpretação geral dos resultados.

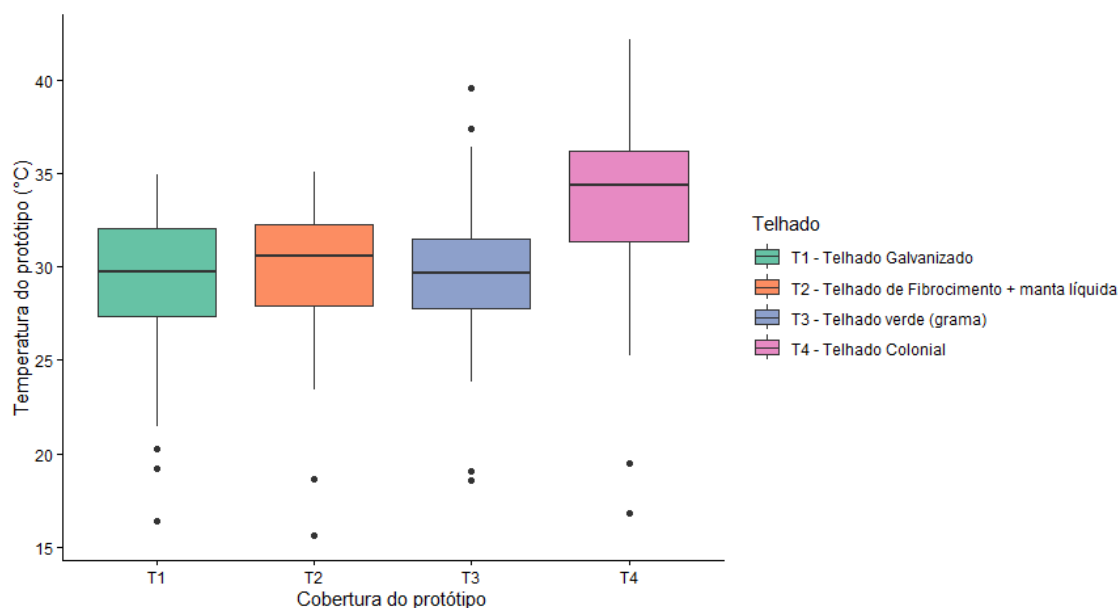


Figura 16 – Distribuição dos valores de temperatura interna dos protótipos submetidos a diferentes tipos de cobertura durante o período experimental.

A evolução da temperatura média dos protótipos ao longo dos horários de avaliação encontra-se apresentada na Figura 17. Independentemente do sistema de cobertura, observou-se aumento da temperatura entre 10h e 12h, seguido de redução às 15h, comportamento esperado em função da maior incidência de radiação solar durante o período próximo ao meio-dia.

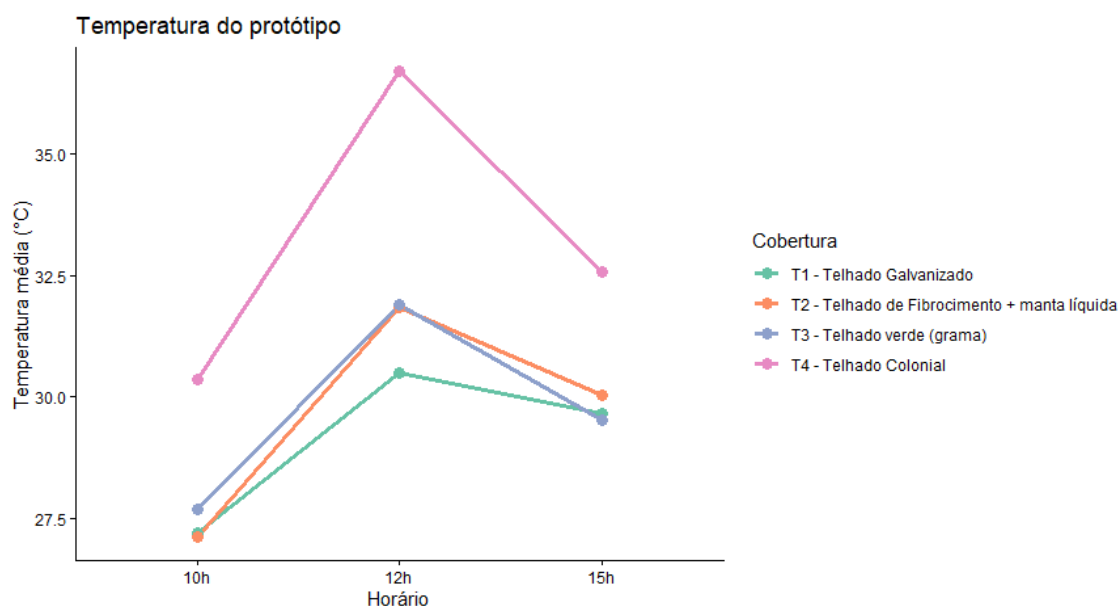


Figura 17 – Variação da temperatura média dos protótipos submetidos a diferentes sistemas de cobertura nos horários de avaliação.

Entretanto, o telhado colonial apresentou temperatura superior em aproximadamente 5°C em todos os horários avaliados, alcançando 36,7 °C às 12h, enquanto os tratamentos galvanizado, fibrocimento com manta líquida e telhado verde permaneceram entre 30,5 e 31,9 °C nesse mesmo período. Esses resultados indicam maior absorção e transferência de calor pelo telhado colonial durante os períodos de maior incidência de radiação solar, refletindo em temperaturas internas superiores às observadas nos demais sistemas de cobertura. Resultados semelhantes foram observados por Freitas *et al.* (2023), que verificaram que diferentes estratégias de cobertura influenciam diretamente o conforto térmico em modelos reduzidos de aviários. Os autores observaram que o emprego de materiais complementares de isolamento térmico promoveu redução média de 1,4 °C na temperatura interna em relação ao tratamento controle, sendo esse efeito mais intenso nos horários de maior temperatura ao longo do dia.

Apesar do desempenho semelhante entre os tratamentos galvanizado, fibrocimento com manta líquida e telhado verde, verifica-se que todos apresentaram temperaturas inferiores ao telhado colonial, indicando maior eficiência na redução do aquecimento interno. Esse comportamento reforça que as propriedades físicas do material de cobertura exercem influência direta sobre a absorção, armazenamento e

transferência de calor para o interior da instalação, aspecto fundamental para a manutenção do conforto térmico em regiões de clima tropical.

A análise de variância do modelo linear misto evidenciou efeito significativo do tipo de cobertura e do horário de avaliação sobre a temperatura interna dos protótipos, enquanto a interação entre esses fatores não foi significativa. Esse resultado indica que as diferenças observadas entre os sistemas de cobertura foram consistentes ao longo dos horários avaliados, evidenciando que o comportamento térmico dos materiais permaneceu semelhante durante todo o período experimental (Tabela 3). Esse resultado indica que as diferenças entre os sistemas de cobertura foram mantidas ao longo dos horários avaliados, ou seja, o comportamento relativo dos tratamentos foi semelhante durante todo o período experimental.

A contribuição expressiva do efeito aleatório de dia evidencia a influência das condições meteorológicas diárias sobre a temperatura registrada nos protótipos, justificando a utilização de modelos lineares mistos para representar adequadamente essa fonte de variação.

Tabela 3 – Análise de variância do modelo linear misto para a temperatura interna dos protótipos.

Fonte de variação	GL	QM	F	p-valor
Telhado	3	159,12	21,65	<0,0001***
Horários	2	326,10	44,36	<0,0001***
Telhado:Horários	6	9,39	1,28	0,2707 ^{ns}

Nota: Os símbolos indicam os níveis de significância: *** $p < 0,001$; ** $p < 0,01$; * $p < 0,05$; ns = não significativo ($p \geq 0,05$).

Componentes de variância do modelo

Efeito aleatório	Variância	Desvio-padrão
Dia	8,096	2,845
Resíduo	7,351	2,711

A variância associada ao efeito aleatório "dia" correspondeu a aproximadamente 52,4% da variância total estimada, evidenciando que as condições meteorológicas diárias exerceram influência expressiva sobre a temperatura registrada nos protótipos.

Esse resultado reforça a adequação da utilização de modelos lineares mistos, uma vez que permitiu incorporar a variabilidade entre os dias experimentais sem comprometer a estimativa dos efeitos fixos de cobertura e horário. Esse resultado indica que as diferenças observadas entre os sistemas de cobertura foram consistentes ao longo dos horários avaliados, evidenciando que o comportamento térmico dos materiais permaneceu semelhante durante todo o período experimental.

A significância observada para o fator cobertura demonstra que as propriedades físicas dos materiais influenciaram diretamente o ambiente térmico dos protótipos. Segundo Vieira *et al.* (2022), materiais com diferentes características de absorção, armazenamento e transmissão de calor respondem de maneira distinta à radiação solar, resultando em diferenças na temperatura interna das instalações. Dessa forma, os resultados obtidos corroboram a influência do sistema de cobertura sobre o desempenho térmico dos protótipos.

Tabela 4 - Temperaturas médias ajustadas (°C) dos protótipos em função dos sistemas de cobertura.

Telhado	Temperatura (°C)
T4 – Telhado Colonial	33,2a
T3 – Telhado Verde	29,7b
T2 – Fibrocimento + manta líquida	29,7b
T1 – Galvanizado	29,1b

Notas: Erro-padrão da média (EP) = 0,838 °C.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

As médias ajustadas indicaram que o telhado colonial apresentou a maior temperatura interna (33,2 °C), diferindo significativamente dos demais sistemas de cobertura (Tabela 4). Em contraste, os tratamentos com telhado galvanizado, fibrocimento com manta líquida e telhado verde não diferiram estatisticamente entre si, apresentando temperaturas entre 29,1 e 29,7 °C. O telhado colonial apresentou temperatura média aproximadamente 4 °C superior à observada para o telhado galvanizado, evidenciando menor eficiência na redução da carga térmica interna. Esses resultados demonstram que, nas condições deste experimento, esses três sistemas apresentaram desempenho térmico semelhante e foram mais eficientes na redução do aquecimento interno quando comparados ao telhado colonial.

A diferença observada entre o telhado colonial e os demais sistemas pode estar relacionada às características de absorção e transferência de calor do material empregado, bem como às condições construtivas dos protótipos avaliados. Em instalações avícolas, temperaturas internas mais baixas são desejáveis por contribuírem para a manutenção do conforto térmico das aves, reduzindo a necessidade de ativação dos mecanismos fisiológicos de termorregulação.

Independentemente do sistema de cobertura, a maior temperatura média foi registrada às 12h (32,7 °C), diferindo significativamente das observadas às 15h (30,5 °C) e às 10h (28,1 °C) (Tabela 5). Esse comportamento acompanha a dinâmica diária da radiação solar e confirma que o período compreendido entre o final da manhã e o início da tarde representa a condição de maior desafio térmico para instalações avícolas.

Segundo Freitas *et al.* (2023), estratégias construtivas que reduzem a absorção e a transmissão de calor tornam-se particularmente importantes nesse intervalo, pois contribuem para minimizar o estresse térmico e melhorar as condições ambientais no interior dos aviários.

Tabela 5 - Temperaturas médias ajustadas (°C) dos protótipos em função dos horários de avaliação.

Horário	Temperatura (°C)
12h	32,7a
15h	30,5b
10h	28,1c

Notas: EP = 0,814°C

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A Figura 18 apresenta a distribuição dos valores de ITGU em função dos sistemas de cobertura. Observou-se tendência de menores valores para o telhado colonial (T4) e maiores valores para o telhado verde (T3), enquanto os tratamentos T1 (telhado galvanizado) e T2 (fibrocimento com manta líquida) apresentaram comportamento intermediário.

Embora o boxplot evidencie diferenças na distribuição e variabilidade dos dados entre os tratamentos, essas observações possuem caráter exploratório e foram confirmadas por meio da análise de variância e do teste de comparação de médias apresentados a seguir.

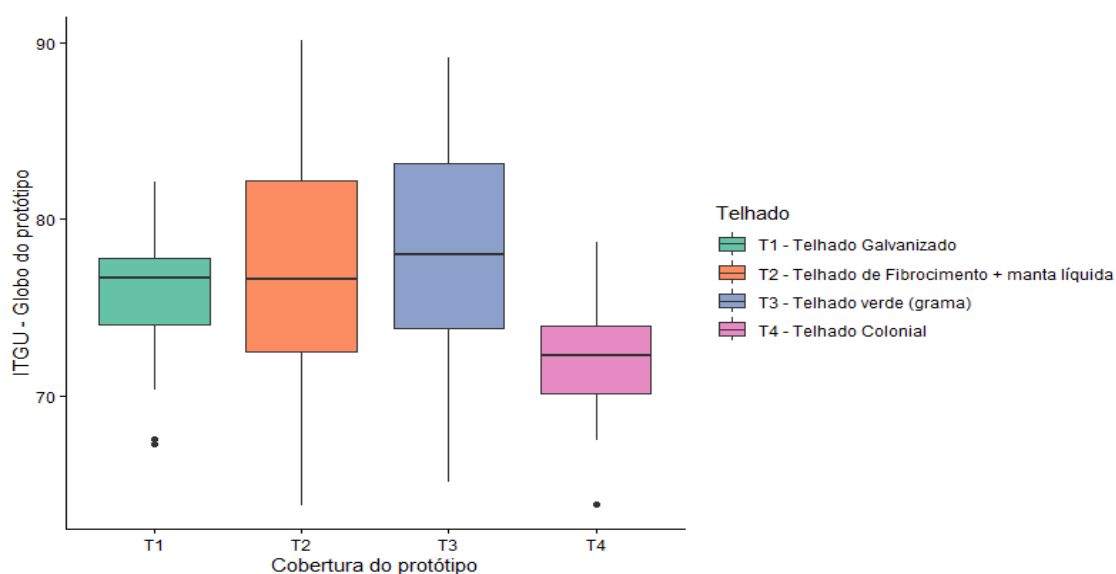


Figura 18 – Distribuição dos valores de ITGU submetidos a diferentes tipos de cobertura durante o período experimental.

A Figura 19 apresenta o comportamento médio ITGU submetidos aos diferentes sistemas de cobertura nos horários de avaliação. Observa-se aumento dos valores de ITGU ao longo do dia para todos os tratamentos, com maior intensidade entre 10h e 15h. O tratamento T4 (telhado colonial) apresentou menores valores de ITGU indicando condições térmicas mais favoráveis segundo esse índice. Por outro lado, os tratamentos T2 (fibrocimento com manta líquida) e T3 (telhado verde) apresentaram os maiores valores de ITGU às 15h, atingindo valores próximos de 84.

O tratamento T1 (telhado galvanizado) apresentou comportamento intermediário e uma variação mais uniforme ao longo do período avaliado. De maneira geral, observa-se tendência de aumento do ITGU com o avanço do horário de avaliação, evidenciando a influência das condições ambientais sobre o ambiente interno dos protótipos.

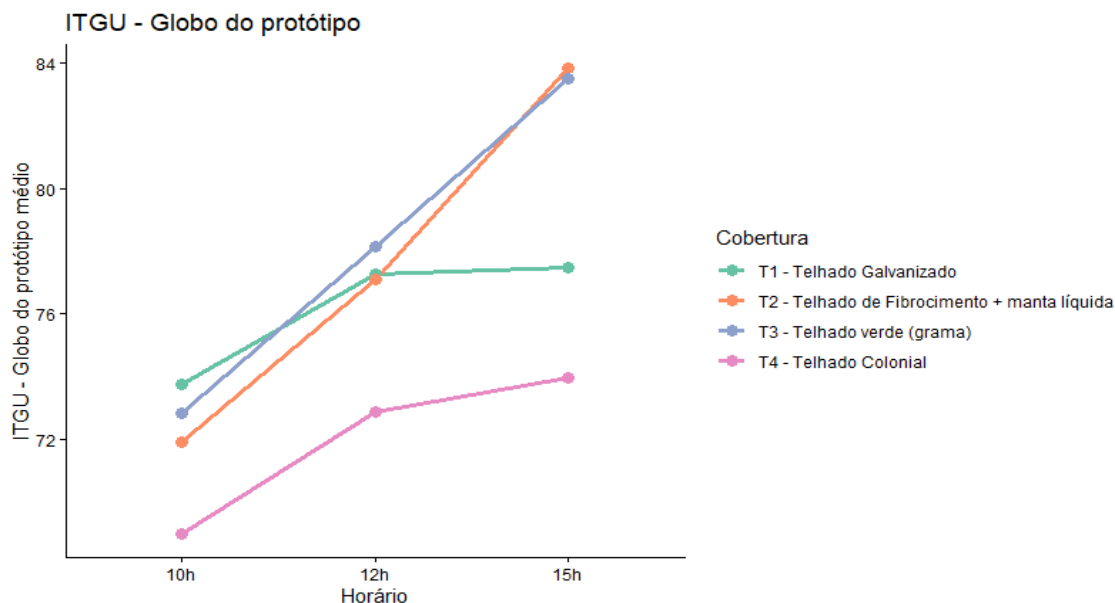


Figura 19 – Variação dos valores médios de ITGU dos protótipos submetidos a diferentes sistemas de cobertura nos horários de avaliação.

A análise do ITGU por meio do modelo linear misto evidenciou efeito significativo do sistema de cobertura, do horário de avaliação e da interação entre esses fatores (Tabela 6), indicando que o comportamento do índice dependeu simultaneamente do material empregado na cobertura e do período do dia avaliado.

A significância da interação indica que o efeito dos sistemas de cobertura sobre o ITGU não foi constante ao longo do dia, ou seja, o desempenho térmico dos materiais variou conforme o horário de avaliação.

Esse comportamento corrobora os resultados obtidos por Souza *et al.* (2025), que observaram que a eficiência térmica de diferentes sistemas de cobertura varia conforme a intensidade da radiação solar, tornando as diferenças entre os materiais mais evidentes nos horários de maior aquecimento. A variabilidade associada ao efeito aleatório de dia apresentou variância de 1,497, enquanto a variância residual foi de 8,055, correspondendo a desvios-padrão de 1,224 e 2,838, respectivamente. A variância associada ao efeito aleatório de dia foi de 1,497, enquanto a variância residual foi de 8,055, indicando que, embora as condições ambientais diárias tenham contribuído para a variação do ITGU, a maior parcela da variabilidade permaneceu associada à variação residual do modelo.

Tabela 6 - Análise de variância do modelo linear misto ajustado para o Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU).

Fonte de variação	GL	QM	F	p-valor
Telhado	3	357,39	44,37	<0,0001***
Horários	2	928,68	115,29	<0,0001***
Telhado:Horários	6	68,82	8,54	<0,0001***

Nota: Os símbolos indicam os níveis de significância: *** $p < 0,001$; ** $p < 0,01$; * $p < 0,05$; ns = não significativo ($p \geq 0,05$).

Componentes de variância do modelo

Efeito aleatório	Variância	Desvio-padrão
Dia	1,497	1,224
Resíduo	8,055	2,838

O desdobramento da interação sistema de cobertura $\times$ horário (Tabela 6; Figuras 19 e 20) demonstrou comportamento diferenciado dos protótipos ao longo do período avaliado.

Às 10h, os sistemas T1 (telhado galvanizado), T2 (fibrocimento com manta líquida) e T3 (telhado verde) apresentaram valores semelhantes de ITGU, diferindo apenas do sistema T4 (telhado colonial) que apresentou menor índice. Portanto, no início do período de avaliação, o telhado colonial apresentou menor valor de ITGU em comparação aos demais sistemas.

No horário das 12h, observou-se comportamento semelhante, com os sistemas T1, T2 e T3 apresentando os maiores valores de ITGU, sem diferença estatística entre si. O sistema T4 novamente apresentou menor valor de ITGU, diferindo dos demais tratamentos.

No período das 15h, foram observadas as maiores diferenças entre os sistemas de cobertura. Os sistemas T2 (fibrocimento com manta líquida) e T3 (telhado verde) apresentaram os maiores valores de ITGU, diferindo dos sistemas T1 (telhado galvanizado) e T4 (telhado colonial). O sistema T4 apresentou o menor ITGU nesse horário, enquanto os sistemas fibrocimento com manta líquida e telhado verde apresentaram maior elevação do ITGU durante o período vespertino.

Tabela 7 - Valores médios ajustados do Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU) em função dos sistemas de cobertura e dos horários de avaliação.

Sistema de cobertura	10h	12h	15h
T1 – Galvanizado	73,7 aB	77,3 aA	77,5 bA
T2 – Fibrocimento + manta líquida	71,9 aC	77,1 aB	83,8 aA
T3 – Telhado verde	72,8 aC	78,1 aB	83,5 aA
T4 – Telhado Colonial	69,0 bB	72,9 bA	74,0 cA

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

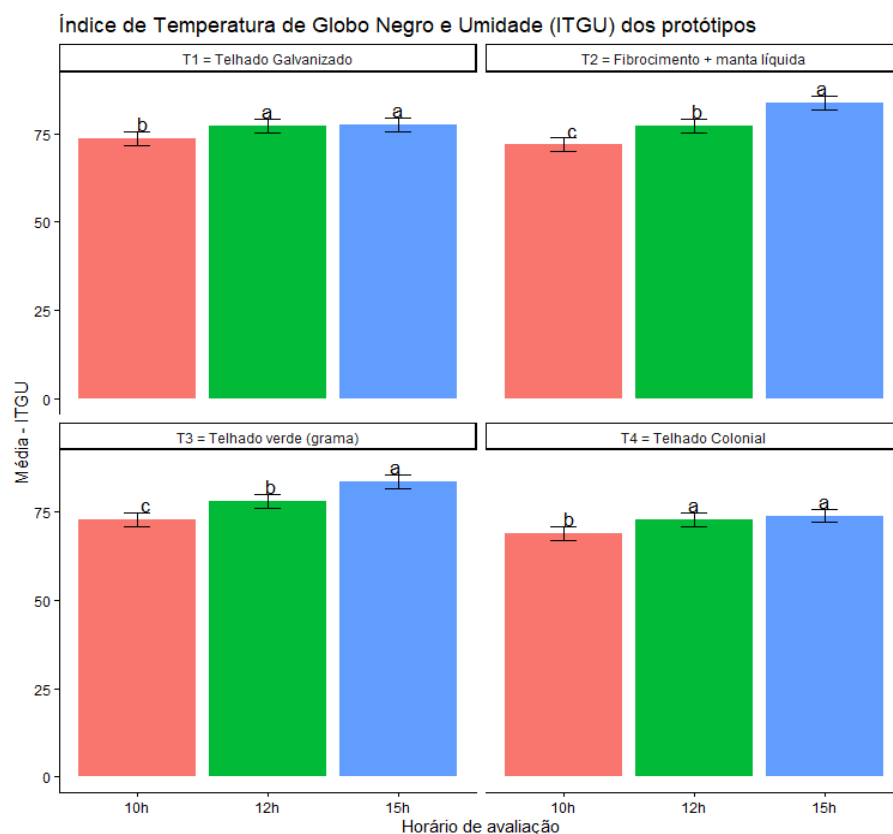
A análise dos horários dentro de cada sistema de cobertura mostrou diferentes padrões de evolução do ITGU ao longo do dia (Tabela 7).

Para o sistema T1 (telhado galvanizado), houve aumento do ITGU entre 10h (73,7) e os horários de 12h (77,3) e 15h (77,5), que não diferiram entre si, indicando estabilização do índice no período da tarde.

Nos sistemas T2 (fibrocimento com manta líquida) e T3 (telhado verde), observou-se aumento progressivo do ITGU ao longo do dia. Para T2, os valores aumentaram de 71,9 às 10h para 77,1 às 12h e 83,8 às 15h. O mesmo comportamento foi observado para T3, com aumento de 72,8 para 78,1 e posteriormente para 83,5. Esses resultados indicam maior acúmulo de carga térmica radiante nesses sistemas durante o período da tarde.

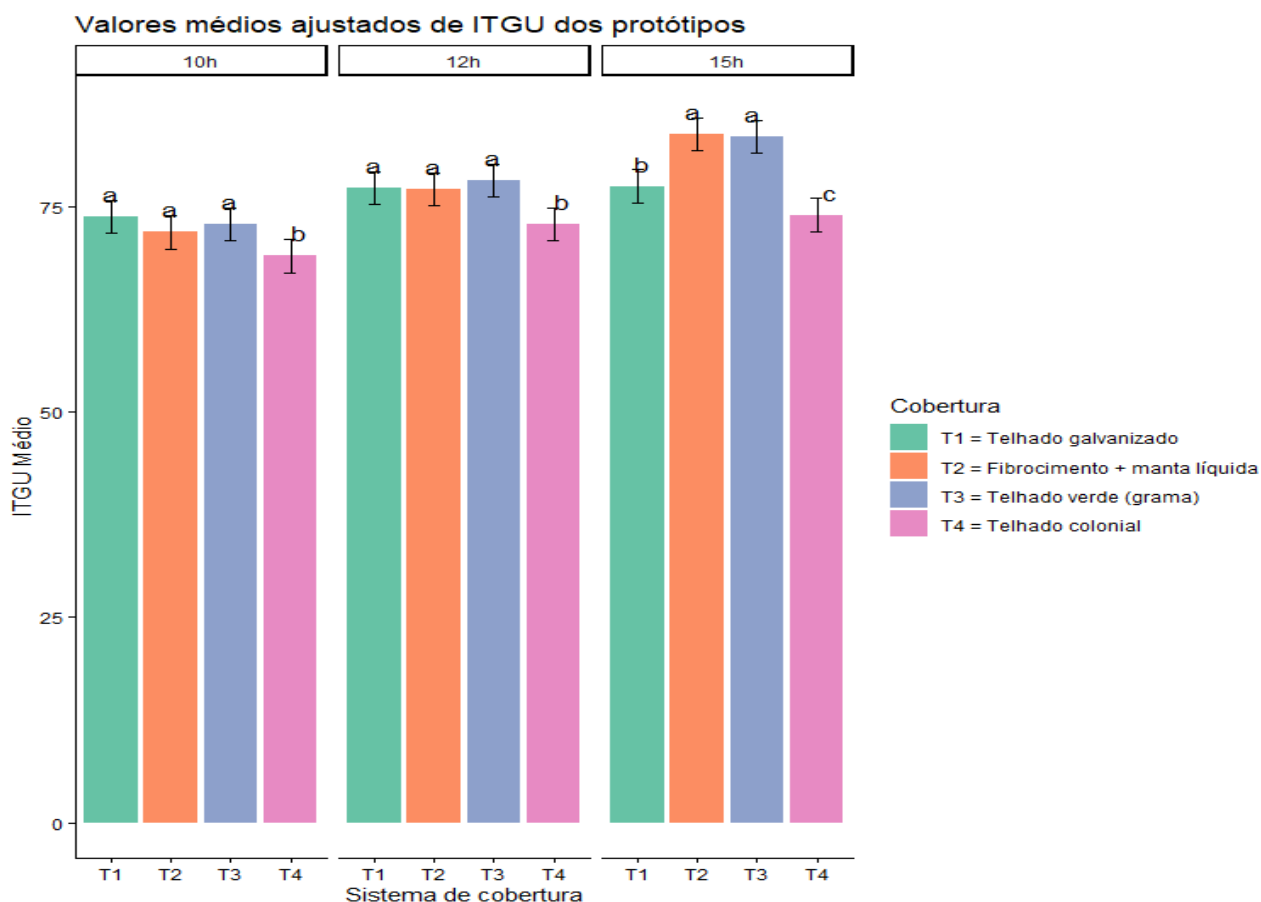
Já o sistema T4 (telhado colonial) apresentou comportamento distinto, com aumento entre 10h (69,0) e 12h (72,9), porém sem diferença entre 12h e 15h (74,0), indicando menor elevação do ITGU no período vespertino.

A Figura 20 ilustra graficamente o comportamento do ITGU ao longo dos horários de avaliação, facilitando a visualização das diferenças observadas entre os sistemas de cobertura.



Nota: Barras representam as médias ajustadas pelo modelo linear misto e as barras de erro correspondem aos intervalos de confiança de 95%. Letras diferentes indicam diferença significativa entre os horários de avaliação dentro de cada sistema de cobertura, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Figura 20 - Valores médios ajustados de ITGU em função dos horários de avaliação para cada sistema de cobertura.



Nota: Barras representam as médias ajustadas pelo modelo linear misto e as barras de erro correspondem aos intervalos de confiança de 95%. Letras diferentes indicam diferença significativa entre os sistemas de cobertura dentro de cada horário de avaliação, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Figura 21 - Valores médios ajustados ITGU em função dos sistemas de cobertura e horários de avaliação.

Os resultados do ITGU demonstraram interação entre os sistemas de cobertura e os horários de avaliação. Embora o telhado colonial tenha apresentado as maiores temperaturas do ar, registrou os menores valores de ITGU, evidenciando que a avaliação do conforto térmico não deve considerar apenas a temperatura do ar, mas também a temperatura radiante e a umidade relativa.

Segundo Baêta e Souza (2010), o ITGU integra diferentes variáveis ambientais, proporcionando uma avaliação mais completa do ambiente térmico. Já os maiores valores observados no fibrocimento com manta líquida e no telhado verde durante a tarde indicam maior carga térmica radiante nesse período.

Observando a Figura 22, nota-se que os valores de ITGU do ambiente externo apresentaram variação ao longo dos horários de avaliação. As maiores medianas foram observadas às 12h e 15h, enquanto às 10h ocorreram valores centrais ligeiramente inferiores. Esse comportamento era esperado, uma vez que o aumento da incidência de radiação solar ao longo do dia tende a elevar os valores do índice.

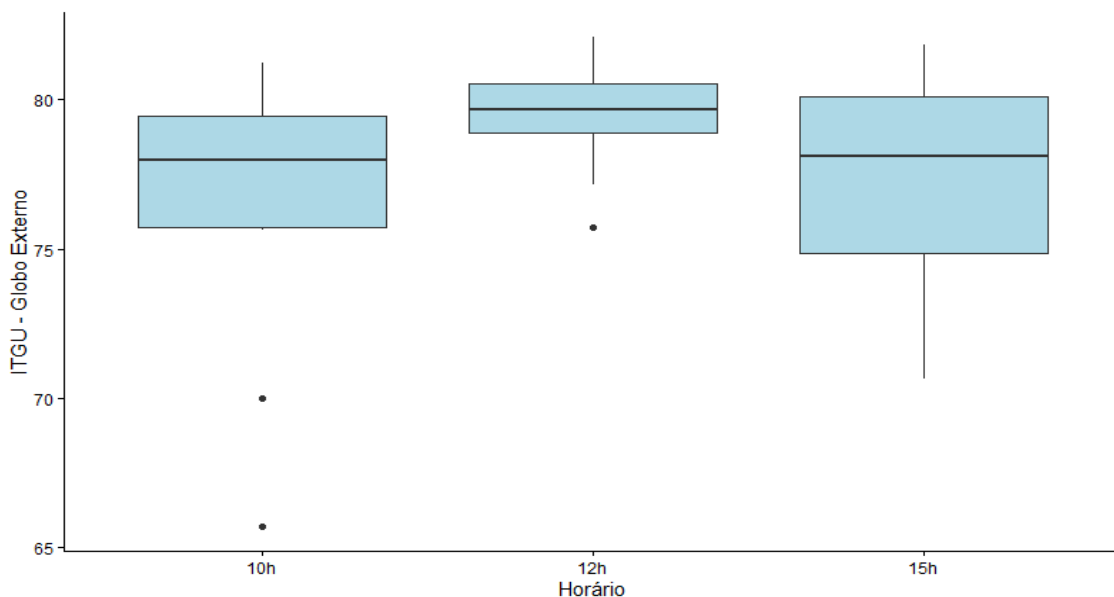


Figura 22 - Boxplot do Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU) do ambiente externo em função dos horários de coleta.

Em relação à dispersão dos dados, o horário das 15h apresentou maior amplitude de variação, indicando maior heterogeneidade das condições ambientais durante esse período. Já às 12h observou-se menor dispersão dos valores de ITGU, indicando menor variabilidade das condições ambientais registradas entre os dias avaliados.

Foram observados alguns valores discrepantes, principalmente às 10h e às 12h. Esses valores discrepantes podem estar associados à variabilidade natural das condições meteorológicas durante o período experimental. Contudo, esses valores não alteram o padrão geral observado para a variável.

De maneira geral, os resultados indicam que os horários de avaliação influenciaram o comportamento do ITGU do ambiente externo, com tendência de

elevação dos valores nos períodos de maior incidência de radiação solar. A avaliação dessa variável permitiu caracterizar as condições climáticas durante o período experimental, evidenciando a influência do ambiente externo sobre as condições térmicas dos protótipos e justificando a inclusão do horário como fator fixo nos modelos estatísticos.

Segundo Abreu e Abreu (2011), as condições climáticas externas exercem influência direta sobre o ambiente interno dos aviários, tornando indispensável a adoção de sistemas construtivos capazes de minimizar a transferência de calor. Assim, os resultados obtidos reforçam a importância da escolha adequada do sistema de cobertura como estratégia para melhorar as condições de conforto térmico e reduzir os efeitos do estresse por calor sobre as aves.

5. CONCLUSÃO

O telhado colonial apresentou os menores valores de ITGU, indicando melhor desempenho térmico em relação às demais coberturas. Também foi observada influência do horário de avaliação, com elevação dos índices térmicos nos períodos de maior incidência de radiação solar. Para temperatura interna, o colonial teve o menor desempenho, pois para ITGU, apresentou menores valores. Sendo assim, o desempenho depende da variável avaliada.

Recomenda-se a realização de estudos envolvendo novos materiais e sistemas de cobertura, em diferentes condições climáticas, bem como experimentos em instalações avícolas comerciais com presença de aves, visando confirmar os resultados obtidos e ampliar o conhecimento sobre alternativas que promovam melhores condições de conforto térmico e bem-estar animal.

BIBLIOGRAFIA

ABREU, V. M. N.; ABREU, P. G. **Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil**. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, 2011.

AGROCERES MULTIMIX. **Instalação e ambiência para aviários**. Blog Agrocerees Multimix, 6 set. 2022. Disponível em: <https://agrocereesmultimix.com.br/blog/instalacao-e-ambiencia-para-aviarios/>. Acesso em: 11 jun. 2026.

AVIAGEN. **Manual de manejo de frangos de corte Ross**. 2018.

AVINEWS. **O impacto do isolamento térmico no desenvolvimento das aves e na economia do processo produtivo**. 2025. Disponível em: <https://avinews.com/pt-br/o-impacto-do-isolamento-termico-no-desenvolvimento-das-aves-e-na-economia-do-processo-produtivo/>. Acesso em: 13 jun. 2026.

AVISITE. **As perdas de calor das aves: entendendo as trocas de calor com o meio**. 2010. Disponível em: https://www.avisite.com.br/cet/img/20100916_trocasdecalor.pdf. Acesso em: 23 abr. 2026.

AZEVEDO, Ângela; RIBEIRO, Rafaela; GONÇALVES, Thainá; LIU, Alexia; BATH, Felipe. **Como funciona a regulação térmica em aves?** Revista PetCenter/Groom Brasil, 11 fev. 2021. Disponível em: <https://revistapetcenter.com.br/como-funciona-a-regulacao-termica-em-aves/>. Acesso em: 24 jun. 2026.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. Viçosa: UFV, 2010.

BIALLI, Amanda Praça. **Efeitos do estresse térmico na fisiologia das aves comerciais**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

BRAGA, F. S.; OKITA, W. M.; LOURENÇONI, D.; et al. 2024. **Thermal Performance of Roofing Materials and Shade Nets in Poultry Sheds**. *Engenharia Agrícola*, v. 44. DOI: 10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v44e20240020.

BRAZ, J. R. C. **Fisiologia da termorregulação normal**. Revista Neurociências, São Paulo, v. 13, n. 3, jul./set. 2005.

BRITO, Alícia Nayana dos Santos Lima de et al. **Desempenho térmico de galpões avícolas para frango de corte: revisão sobre os diferentes tipos de coberturas**. Research, Society and Development, v. 9, n. 9, e474997608, 2020. Disponível em: <https://rsdjournal.org>. Acesso em: 23 jun. 2026.

BRITO, A. N. S. L.; LOPES NETO, J. P.; FURTADO, D. A.; et al. 2020. **Desempenho térmico de galpões avícolas para frango de corte: revisão sobre os diferentes tipos de coberturas**. Research, Society and Development, v. 9, n. 9, e474997608. DOI: 10.33448/rsd-v9i9.7608.

BRUGALETTA, G.; TEYSSIER, J.-R.; ROCHELL, S. J.; DRIDI, S.; SIRRI, F. **A review of heat stress in chickens. Part I: Insights into physiology and gut health**. Frontiers in Physiology, v. 13, p. 934381, 2022.

CALDERARO, C. F.; BRENNECKE, K.; PEREIRA, L. A. M.; ADORNO, L. S. B.; MARTINS, O. O.; LIMA, T. O.; SGAVIOLI, S. **Thermal comfort index in birds: a systematic review**. Research, Society and Development, v. 12, n. 6, e11012641910, 2023.

CARVALHO, Thiago. **Estresse térmico em poedeiras: definição do estresse e consequências fisiológicas**. Agrocere Multimix, 14 abr. 2020. Disponível em: <https://agrocere multimix.com.br/blog/estresse-termico-em-poedeiras-definicao-do-estresse-e-consequencias-fisiologicas/>. Acesso em: 23 jun. 2026.

CASTRO, Ariane Cristina de. **Avaliação da eficiência térmica de materiais utilizados como sistemas de cobertura em instalações avícolas**. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

COBB-VANTRESS. **Manual de manejo de frangos de corte**. 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistemas de produção: frango de corte**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/web/agencia-de-informacao-tecnologica/criacoes/frango-de-corte/pre-producao/sistemas-de-producao>. Acesso em: 30 jun. 2026.

FIUZA, Marco. **Relação entre o empenamento e a nutrição das aves**. Blog Agrocere Multimix, mar. 2021. Disponível em: <https://agrocere multimix.com.br/blog/relacao-entre-o-empenamento-e-nutricao-das-aves/>. Acesso em: 24 jun. 2026.

FLORIANO, Luciane Sperandio. **Anatomia e fisiologia das aves domésticas**. Urutaí: Instituto Federal Goiano; Rede e-Tec Brasil, 2013. Disponível em: https://proedu.rnp.br/bitstream/handle/123456789/1470/An_Fi_Av_Do_Livro_WEB.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 23 abr. 2026.

FREITAS, A. O. et al. **Análise do conforto térmico em modelos de galpões avícolas com diferentes estratégias de cobertura**. Energia na Agricultura, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/cNFW3B4py6TWMW9z4ZDcXFQ/>. Acesso em: 22 abr. 2026.

GOO, D.; KIM, J. H.; CHOI, H. S.; *et al.* **Effect of stocking density and sex on growth performance, meat quality, and intestinal barrier function in broiler chickens.** Poultry Science, v. 98, n. 3, p. 1153-1160, 2019.

IGLESIAS, E.; VALE, W. G.; VALE, P. A. C. B.; MOURO, R. F.; MENESES, M. D. **Evaluation of the thermal comfort indexes for different phases of broiler production using control charts.** Scientific Electronic Archives, v. 14, n. 5, p. 72–79, 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Normais Climatológicas do Brasil: período 1991-2020.** Brasília, DF: INMET, 2022. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/normais>. Acesso em: 27 jun. 2026.

KPOMASSE, C. C.; OKE, O. E.; HOUNDONUGBO, F. M.; TONA, K. 2021. **Broiler production challenges in the tropics: A review.** *Veterinary Medicine and Science*, v. 7, n. 3, p. 831–842. DOI: 10.1002/vms3.435.

LARA, L. J.; ROSTAGNO, M. H. 2013. **Impact of heat stress on poultry production.** *Animals*, v. 3, n. 2, p. 356–369. DOI: 10.3390/ani3020356.

MANGAN, M.; SIWEK, M. **Strategies to combat heat stress in poultry production: A review.** *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, v. 108, n. 3, p. 576–595, 2024.

NUNES, M. A. M. **Desempenho e características de carcaça de duas linhagens de frangos de corte criados sob duas densidades de alojamento.** 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2024.

OLIVEIRA, Gabriel da Silva; SANTOS, Vinícius Machado dos; RODRIGUES, Jullyana Carvalho; NASCIMENTO, Sheila Tavares. **Protótipo para o estudo do comportamento e da zona de conforto térmico de frangos de corte.** *Revista Eixo*, Brasília, DF, v. 8, n. 1, jan./jun. 2019. Disponível em: <https://arquivorevistaeixo.ifb.edu.br/index.php/RevistaEixo/article/view/658/448>. Acesso em: 23 abr. 2026.

ONAGBESAN, O. M.; UYANGA, V. A.; OSO, O.; TONA, K.; OKE, O. E. **Alleviating heat stress effects in poultry: updates on methods and mechanisms of actions.** *Frontiers in Veterinary Science*, v. 10, art. 1255520, 2023.

PEREIRA, Mirelle Farias. **Estresse térmico por calor em frangos de corte.** 2022. Relatório de estágio – Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos, 2022.

RODRIGUES, L. P. **Da fisiologia à sociologia? Elementos para uma revisão da história teórica da sociologia sistêmica.** *Revista Brasileira de Ciências Sociais*, São Paulo, v. 28, n. 82, 2013.

SAFRAS & MERCADO. **Avicultura brasileira consolida liderança global**. 2025. Disponível em: <https://safras.com.br/avicultura-brasileira-consolida-lideranca-global/>. Acesso em: 23 jun. 2026.

SANTOS, Marcos José Batista; RABELLO, Carlos Bôa-Viagem; PANDORFI, Héilton; TORRES, Thaysa Rodrigues; SANTOS, Priscila Antão dos; CAMELO, Luiz Carlos Lemos. **Fatores que interferem no estresse térmico em frangos de corte**. Nutritime – Revista Eletrônica, v. 9, n. 3, jun. 2012.

SHYNKARUK, T.; LONG, K.; LEBLANC, C.; SCHWEAN-LARDNER, K. **Impact of stocking density on the welfare and productivity of broiler chickens reared to 34 d of age**. Journal of Applied Poultry Research, v. 32, n. 2, 2023.

SILVA, I. J. O.; SEVEGNANI, K. B. **Ambiência na produção de aves em clima tropical**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, 2001.

SILVA, Laura Ferreira. **Caracterização de instalações para criação intensiva de frangos de corte na mesorregião de São João del-Rei-MG**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal de São João del-Rei, São João del-Rei, 2016.

SILVA, Lourival Ferreira da. **Influência da ambiência sobre o desempenho zootécnico de frangos de corte**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013. Disponível em: <https://agrarias.ufpr.br/zootecnia/wp-content/uploads/sites/13/2016/10/18.pdf>. Acesso em: 2 jun. 2026.

SILVA, M. G.; MARTIN, S.; OLIVEIRA, C. E. G.; MOSCON, E. S.; DAMASCENO, F. A. 2015. **Desempenho térmico de tipos de coberturas no interior de modelos reduzidos de galpões avícolas**. *Energia na Agricultura*, v. 30, n. 3, p. 269–275. DOI: 10.17224/EnergAgric.2015v30n3p269-275.

SOUZA, M. A.; SOUSA, F. C.; SILVA, A. L.; SOARES, T. C.; OLIVEIRA, C. P.; VIGODERIS, R. B.; BAÊTA, F. C.; TINÔCO, I. F. F. **Effect of Green Roofs on the Thermal Environment of Prototype Broiler Houses**. Agri Engineering, v. 7, n. 1, 2025.

TINÔCO, I. F. F. **Avicultura industrial: novos conceitos de materiais, concepções e técnicas construtivas**. Revista Brasileira de Ciência Avícola, Campinas, 2001.

VIEIRA NETO, J. G.; SOUZA, C. H.; SILVA, R. P. **Temperatura no ático de modelos reduzidos de aviários com diferentes tecnologias de isolamento térmico do telhado**. Agrarian, Dourados, v. 15, n. 55, 2022.

VIGODERIS, R. B. **Ambiência e Bem-estar em Instalações Zootécnicas – Aplicações Práticas**. Jornada Universitária da Unidade Acadêmica de Garanhuns. Garanhuns, Pernambuco, 2007.