

TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA NA AVICULTURA

Fayane Morais Vieira¹

Alison Batista Vieira Silva Gouveia²

Lorrayne Moraes de Paulo³

Stéfane Alves Sampaio⁴

Kelly Fernanda Borges¹

Nathan Ferreira da Silva¹

Fabiana Ramos dos Santos⁵

Cibele Silva Minafra⁵

RESUMO

A avicultura brasileira é considerada a atividade agropecuária de maior destaque mundial. Avicultura de corte é uma das atividades de grande relevância na economia, nos últimos anos gerou um faturamento anual de US\$ 20 bilhões. Logo, para manter a posição em produção e exportação o país vem buscando inovações para atender as exigências internacionais de qualidade e de bem-estar animal. Para a produção das aves é necessário um ambiente interno adequado, com temperatura e umidade adaptadas para cada idade da ave. Estudos utilizando a termografia infravermelha vem se tornando uma das tecnologias mais requisitadas na área de produção animal, sendo um método não invasivo capaz de avaliar a temperatura pela energia emitida pela superfície do corpo animal e transformá-la em uma imagem visível ao olho humano. A partir do exposto, o objetivo do presente estudo foi discutir o uso da termografia infravermelha na avicultura, com ênfase em frangos, galinhas poedeiras e codornas. Para tanto realizou-se um estudo descritivo com procedimento técnico de revisão de literatura. Foi possível observar que a tecnologia de termografia infravermelha é uma ferramenta que vem sendo utilizada em diversas pesquisas, especialmente que envolvem as galinhas poedeiras e frangos de corte, e se mostram altamente eficazes e seguras. Em codornas esses estudos ainda são escassos. Demonstrando assim que mais estudos devem ser desenvolvidos com esses animais. A utilização da termografia infravermelha é uma alternativa para determinar o impacto das condições ambientais na produção animal, auxiliando na tomada de decisão e promovendo a saúde e o bem-estar dos animais.

Palavras-chave: avicultura, bem-estar animal, conforto térmico, termografia infravermelha.

INFRARED THERMOGRAPHY IN POULTRY

ABSTRACT

Brazilian poultry is considered the most prominent agricultural activity in the world. Poultry farming is one of the most important activities in the economy, in recent years it has generated annual revenues of US\$ 20 billion. Therefore, to maintain its position in production and export, the country has been seeking innovations to meet international quality and animal welfare requirements. To produce birds, a suitable indoor environment is necessary. For this it is necessary temperatures and humidity adapted to each age of the bird. Studies using infrared

¹ Graduanda em Zootecnia pelo Instituto Federal Goiano Campus Rio Verde. fayanevieira@outlook.com

² Doutorando em Zootecnia pela Universidade Federal de Goiás. *Correspondência: alisonmestre28@gmail.com

³ Mestranda em Zootecnia pela Universidade Federal de Goiás. lorrainemoraesrv@gmail.com

⁴ Mestranda em Zootecnia pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.stefanesamp@gmail.com

⁵ Docente no programa de Pós-graduação em Zootecnia no Instituto Federal Goiano Campus Rio Verde. fabiana.santos@ifgoiano.edu.br

thermography has become one of the most requested technologies in animal production, being a non-invasive method capable of evaluating the temperature through the energy emitted by the surface of the animal body and transforming it into an image visible to the human eye. From the above, the objective of the present study was to discuss the use of infrared thermography in poultry, with emphasis on chickens, laying hens and quails. For this purpose, a descriptive study was carried out with a technical literature review procedure. It was possible to observe that infrared thermography technology is a tool that has been used in several research, especially involving laying hens and broilers, and is shown to be highly effective and safe. In quails these studies are still scarce. This demonstrates that further studies should be carried out with these animals. The use of infrared thermography is an alternative to determine the impact of environmental conditions on animal production, assisting in decision making and promoting the health and welfare of animals.

Keywords: poultry, infrared thermography, animal welfare, thermal comfort.

TERMOGRAFÍA INFRARROJA EN AVES

RESUMEN

La avicultura brasileña es considerada la actividad agrícola más destacada del mundo. La avicultura es una de las actividades más importantes de la economía, en los últimos años ha generado ingresos anuales de US\$ 20 mil millones. Por lo tanto, para mantener su posición en la producción y exportación, el país ha estado buscando innovaciones para cumplir con los requisitos internacionales de calidad y bienestar animal. Para la producción, las aves necesitan un ambiente interior adecuado. Para ello es necesario temperaturas y humedades adaptadas a cada edad del ave. Los estudios mediante termografía infrarroja se han convertido en una de las tecnologías más solicitadas en el área de producción animal, siendo un método no invasivo capaz de evaluar la temperatura a través de la energía emitida por la superficie del cuerpo animal y transformarla en una imagen visible al ojo humano. A partir de lo anterior, el objetivo del presente estudio fue discutir el uso de la termografía infrarroja en la avicultura, con énfasis en pollos, gallinas ponedoras y codornices. Para ello, se realizó un estudio descriptivo con un procedimiento de revisión técnica de la literatura. Se pudo observar que la tecnología de termografía infrarroja es una herramienta que ha sido utilizada en diversas investigaciones, especialmente en gallinas ponedoras y pollos de engorde, y se muestra altamente efectiva y segura. En codornices estos estudios son aún escasos. Esto demuestra que se deben realizar más estudios con estos animales. El uso de la termografía infrarroja es una alternativa para determinar el impacto de las condiciones ambientales en la producción animal, auxiliando en la toma de decisiones y promoviendo la salud y el bienestar de los animales.

Palavras-chave: avicultura, bienestar de los animales, comodidad térmica, termografía infrarroja.

INTRODUÇÃO

A avicultura brasileira é considerada a atividade agropecuária de maior destaque mundial. Avicultura de corte é uma das atividades de grande relevância na economia, nos últimos anos gerou um faturamento anual de US\$ 20 bilhões, com 3,56 milhões de empregos, como resultado da colocação de 50,04 (milhões de cabeças) de matrizes de corte nos últimos anos (1).

Para o faturamento verificado na avicultura de corte, é necessário cada vez mais investimentos nessa área, como em inovações tecnológicas, permitindo assim, novos conceitos e sistemas de criação, promovendo uma maior viabilidade econômica e técnica, buscando uma maior ênfase nos aspectos produtivos, sanitários e bem-estar das aves (2).

Os principais países importadores brasileiros são membros da União Europeia e estão exigindo níveis elevados de bem-estar animal, de qualidade na produção do alimento de origem animal consumido, fazendo com que a legislação brasileira de bem-estar cause impacto nas exportações (3). Para manter a posição em produção e exportação o país vem buscando inovações para atender as exigências internacionais de qualidade e condições adequadas relacionadas a ambiência (4).

As instalações devem assegurar a manutenção da homeotermia das aves para manter o conforto térmico animal e garantir que os animais produzam e expressem seu comportamento natural com o menor gasto de energia. O mapeamento das temperaturas interna e externa dos galpões, bem como todos os índices psicrométricos envolvidos nas instalações avícolas, são importantes visando a confecção de um ambiente que propicie conforto térmico aos animais (1).

Havendo estresse térmico, tanto o desempenho dos trabalhadores quanto o das aves, pode ser afetado, pois o estresse térmico nas aves pode acarretar diminuição da ingestão de alimento e das atividades físicas, além de perdas na produção, e até o óbito das aves (5).

As instalações avícolas devem garantir um ambiente de conforto térmico que proporcione ao animal expressar todo o seu potencial genético para produção (6), motivo pelo qual novas ferramentas estão sendo aplicadas para medir o conforto térmico animal destacando-se as câmeras termográficas (7). O uso da termografia infravermelha já vem sendo citado e abordado em trabalhos científicos desenvolvidos na avicultura (1,7).

A termografia infravermelha caracteriza-se por ser um método seguro e não invasivo de visualização de perfil térmico que pode indicar se o animal encontra-se sob estresse térmico. Por isso, estudos utilizando a termografia infravermelha vem se tornando uma das tecnologias mais requisitadas na área de produção animal, sendo possível identificar doenças, estresse geral, processos inflamatórios, entre outros (8-10).

A termografia infravermelha é uma ferramenta muito eficiente para estudos de qualquer ramo da ecologia, produção animal, bem-estar animal, medicina veterinária e zootecnia, permitindo que a coleta de dados em estudos seja feita a uma distância que não influencie ou cause alterações na fisiologia, no comportamento e no bem-estar (11).

A partir do exposto, o objetivo do presente estudo foi discutir o uso da termografia infravermelha na avicultura, com ênfase em frangos, galinhas poedeiras e codornas. Para tanto realizou-se um estudo descritivo com procedimento técnico de revisão de literatura.

AVICULTURA NO BRASIL

O Brasil destaca-se como um dos principais países produtores e o maior exportador de carne avícola. O pico da produção brasileira aconteceu no ano de 2020, atingindo 13,845 milhões de toneladas, sendo que três estados da região sul correspondem a cerca de 79,93% da produção de carne de frango no país (12).

Amaral et al. (13) ressaltam que na avicultura de postura no país o maior desafio é a garantia da biossegurança. Portanto, o risco de contaminação dos plantéis de aves por diversas doenças é muito provável, havendo a necessidade de controle sanitário em todas as etapas produtivas.

A avicultura brasileira cresce a cada ano, pois os programas de melhoramento genético nesse setor, fez com que as aves tornassem prontas ao abate cada vez mais jovens, assim aumentando a escala produtiva e gerando mais lucros ao setor em função do seu melhor

desempenho em tempo reduzido. Não só o melhoramento genético, mas também a nutrição e a sanidade contribuíram para o excelente desempenho da avicultura brasileira, isso mostra a importância da tecnologia no setor, visando a redução dos custos e o aumento do bem-estar das aves (14).

O ambiente de criação é decisivo para o desempenho satisfatório da avicultura, uma vez que, dependendo da duração e intensidade do estresse térmico, a produtividade pode ser comprometida, gerando grandes perdas econômicas (15). É fato que os principais elementos climáticos que afetam o conforto térmico das aves no interior das instalações são a temperatura do ar, umidade relativa, radiação e movimentação do ar. Esses fatores externos tendem a influenciar a quantidade de energia trocada entre ave e meio, havendo, muitas vezes, a necessidade de ajustes fisiológicos para a ocorrência do balanço de calor (16).

TERMORREGULAÇÃO E CONFORTO TÉRMICO

O organismo das aves é um aglomerado de células que tem como finalidade realizar funções fisiológicas, criando um ambiente para que todos os órgãos funcionem adequadamente, contribuindo para a manutenção e regulação do meio interno. Esse controle e manutenção do meio interno é denominado de homeostase, conjunto de componentes que atuam para manter um parâmetro físico ou químico da ave (17).

A termorregulação é a competência das aves em conservarem a temperatura corporal, mesmo quando a temperatura do ambiente é modificada (18). Por meio dos mecanismos de termorregulação, as aves adultas conseguem regular sua temperatura corporal entre 40,6 e 41,9 °C. Estas são capazes de conservar temperaturas constantes dentro de certos limites por serem animais homeotérmicos (7,19).

O controle de temperatura das aves visando manter uma temperatura interna em 41°C, acontece por meio de trocas de calor com o meio. Por não possuírem glândulas sudoríparas, estas fazem trocas por meios sensíveis e latentes, as trocas de calor sensíveis ocorrem: Por meio de radiação (por ondas eletromagnéticas), por condução (transferência de calor direta com objetos) e por convecção (calor por meio do ar, água e fluidos em geral), já as trocas de calor latentes são realizadas por meio da evaporação da água do trato respiratório (18).

De acordo com Furlan e Macari (20), embora as aves tenham essas características, precisam de condições favoráveis para evitar efeitos sobre o desempenho, pois condições de temperatura extremas podem acarretar em distúrbios no metabolismo de produção e perda de calor, incidência de doenças metabólicas e perda na produção.

A zona de termoneutralidade ou zona de conforto térmico precisa de um ambiente térmico no qual as aves encontram-se em condições ideais para manutenção e produção (21). Esta zona é quando o animal não sente frio ou calor, em que a resposta ao ambiente é positiva e o desempenho da ave é otimizado (22). Esta é influenciada por peso, idade, estado fisiológico, densidade, nível de alimentação, genética, temperatura ambiental, velocidade do ar, umidade do ar e radiação solar (23).

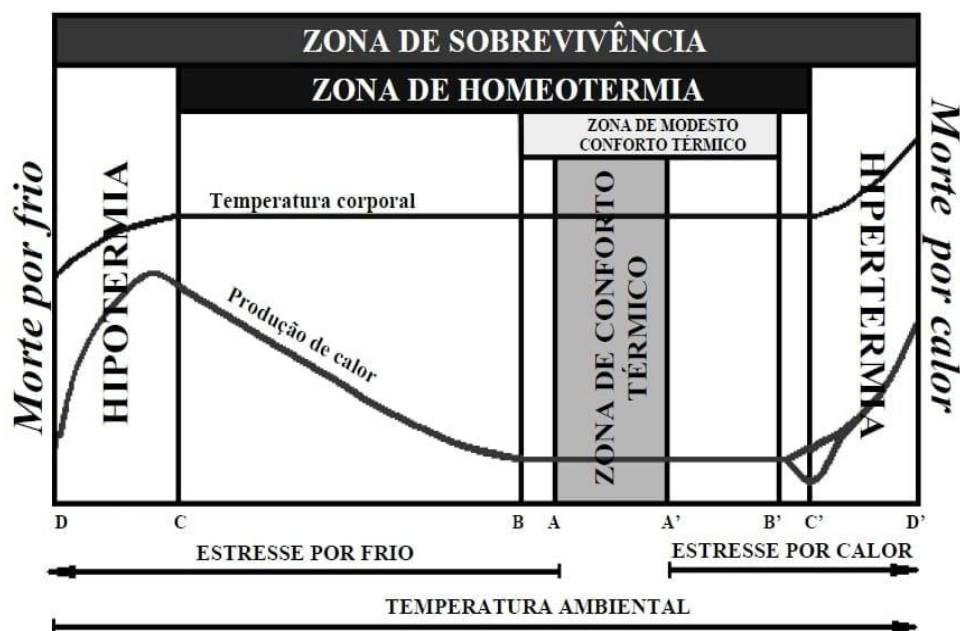


Figura 1. Representação gráfica da zona de termoneutralidade das aves. Adaptado de Batista, (24).

De acordo com Abreu e Abreu (19) quando o ambiente alcança a temperatura crítica inferior ou abaixo dela (termogênese) os mecanismos termo regulatórios são ativados, fazendo com que a ave aumente o consumo de alimento, gerando mais incremento calórico, retenha o calor ingerido e modifique seu comportamento reduzindo sua área superficial com o meio.

Dentro deste contexto, de estresse térmico devido a temperaturas inferiores, outro fator comportamental é possível notar em pintos de corte quando expostos a ambientes com temperaturas abaixo da zona de conforto, é o agrupamento dos animais como forma de se manterem aquecidos, deixando de ir com maior frequência aos comedouros e bebedouros, fazendo com que o desempenho da produção da fase inicial até a fase de abate seja afetado (12).

Já em temperaturas elevadas, na temperatura crítica superior ou acima desta (termólise), a tendência é que a ave diminua o consumo de alimento, para gerar menos incremento calórico, na tentativa de aumentar a dissipação de calor estas modificam o seu comportamento, abrindo as asas e deixando-as afastadas do corpo, eriçando as penas e intensificando a circulação periférica (22,25).

Em situações de estresse térmico há também aumento da frequência respiratória (hiperventilação), temperatura retal e vasodilatação periférica, há maior dificuldade na troca de calor, causando aumento do fluxo sanguíneo na pele e nos membros (cristas e barbelas), devido a este aumento de temperatura nas cristas e barbelas aumentam o gradiente térmico entre a pele e o ambiente, promovendo maior perda de calor por irradiação e convecção (26).

Essas situações de estresse calórico, ou seja, quando as aves são expostas a temperaturas extremamente elevadas, podem elevar a taxa de mortalidade na produção, vez que os animais entram em quadro de hipotermia (12). A produção de aves de corte é influenciada pelo ambiente pois altera as trocas de calor e a quantidade de energia na ração. Por isso tornou-se necessário para a maior produção, proporcionar conforto térmico para que as aves tenham melhor aproveitamento dos nutrientes da ração sendo que altas e baixas temperaturas influenciam essa produção já que modificam o requerimento nutricional das aves. Além desse fator físico alterar as trocas de calor, também afeta o desempenho influenciando no consumo de ração, no ganho de peso e na conversão alimentar. Quando esses animais estão fora da

zona de termo neutralidade apresentam alterações no seu comportamento devido a necessidade de reduzir a produção de calor (27).

Citando ainda outras consequências do estresse calórico ao animal, Franzini et al. (26), salientou em seu trabalho que alterações hormonais ocorrem em decorrência de menor secreção dos hormônios TSH (hormônio estimulador da tireoide) e GH (crescimento), ou seja, com esta redução irá afetar a atividade da tireoide e o crescimento de tecidos musculares e adiposos, afetando diretamente a qualidade produtiva.

Para a produção as aves necessitam um ambiente interno adequado. Para isso é necessário temperaturas e umidades adaptadas para cada idade da ave, porém devido à evolução da genética, densidade de alojamento, formas de manejo, adaptação e climatização de cada região esses fatores estão sofrendo ajustes no tempo e no espaço (28,29).

A homeotermia é mais eficiente quando a temperatura ambiente estiver dentro dos limites de conforto térmico das aves. Portanto, é importante que os aviários estejam com temperaturas de condições de conforto. A adaptação dos aviários com técnicas ambientais visando este conforto vem superando os efeitos prejudiciais dos elementos climáticos, possibilitando bom desempenho produtivo (2).

Considerando que a temperatura interna das aves oscila entre 40 - 41°C, Ferreira, (30) descreve que a temperatura das instalações indicada para os frangos de corte deve estar entre 15 e 28°C, sendo que nos primeiros dias de vida a temperatura precisa estar entre 33 a 34°C, dependendo da umidade relativa do ar que pode variar entre 40 a 80%. Sendo assim, as aves devem ser mantidas em ambientes termoneutros para garantir maior conversão alimentar e, conseqüentemente, maior peso final, pois seu desempenho produtivo depende da redução dos efeitos climáticos (31).

Dentro deste contexto, é importante ressaltar que o sistema respiratório das aves auxilia na eliminação de cerca de 50% do calor do animal, pois tem funcionalidade semelhante a um sistema de evaporação interno, e quando os sistemas físicos de evaporação do próprio galpão saturam o ar que passa circular internamente ocorre a redução drástica da eficiência do sistema de evaporação das aves (32).

Conseqüentemente, uma ração formulada para ambientes termoneutros não atenderá as exigências dos frangos quando eles estiverem em estresse térmico (33). Para amenizar esses efeitos algumas medidas nutricionais podem ser adotadas compensando a baixa ingestão de nutrientes devido à queda de consumo no estresse térmico, como os óleos e gorduras, que são fontes de ácidos graxos e energia e ainda melhoram a palatabilidade e se comparados com os carboidratos e proteínas, proporcionam menor incremento calórico (34).

Para avaliar as condições térmicas e sua influência sobre o bem-estar dos animais surgiu a termografia infravermelha, tecnologia utilizada para medir a atividade metabólica dos animais por registros da temperatura superficial (35). Essa tecnologia permite saber diretamente a temperatura superficial das aves e do ambiente (36).

TEMPERATURA

Temperatura, uma palavra derivada do Latim, reconhecida cognitivamente como o nível de calor que existe no ambiente, resultante, por exemplo, da ação dos raios solares ou nível de calor existente num corpo (37). A temperatura é explicada pela física como a grandeza termodinâmica intensiva comum a todos os corpos que estão em equilíbrio térmico (38).

São vários os conceitos da física correlacionados com a temperatura, tais como: temperatura absoluta: a que não depende de medida nem da substância ou propriedade utilizada para medi-la, e que usualmente é medida na escala Kelvin cujo símbolo é "T"; temperatura centígrado, temperatura Celsius ou temperatura centesimal: a que é medida na escala centígrado; temperatura crítica: temperatura acima da qual um gás real não pode ser

liquefeito por compressão isotérmica; temperatura basal (fisiologia): temperatura do corpo, estando este em repouso absoluto; temperatura Curie: temperatura acima da qual uma substância ferromagnética perde o ferromagnetismo e passa a paramagnética (39).

Temperatura de cor: temperatura que se determina pela comparação entre a energia irradiada por um corpo num certo comprimento de onda (ou numa faixa de comprimentos de onda) e a energia irradiada por um corpo negro no mesmo comprimento de onda (ou na mesma faixa de comprimentos de onda); temperatura efetiva: temperatura igual à de um corpo negro que emitiu para o conjunto de todos os comprimentos de onda um fluxo total igual ao do corpo considerado; temperatura internacional: a que é medida na escala internacional de temperatura; temperatura Kelvin: temperatura absoluta medida na escala Kelvin; temperatura reduzida: o quociente da temperatura absoluta de um gás pela sua temperatura crítica; temperatura termodinâmica: num sistema isolado, a derivada parcial da energia interna pela entropia (39).

A temperatura na avicultura, é uma condição que deve ser diretamente relacionada com as escalas produtivas, pois as maiores perdas tanto na avicultura de corte como postura são devido a temperaturas elevadas, quando relativamente ocorre o estresse térmico e as aves saem da zona de conforto térmico (16).

López (40), salienta que a temperatura é um aspecto extremamente importante e determinante na qualidade de pintos, sendo recomendada por empresas fabricantes de equipamentos para incubatórios temperatura embrionária próximas a 37 °C a 38°C (100°F).

ESCALAS E MEDIDAS DE TEMPERATURA

As duas escalas de temperatura mais usadas hoje em dia datam do século XVIII e receberam seus nomes dos seus proponentes: Gabriel Daniel Fahrenheit e o professor de astronomia sueco Anders Celsius (39). Fahrenheit definiu sua escala tendo dois pontos de referência que podiam ser ajustados em sua oficina. Originalmente, ele escolheu o ponto de fusão do gelo puro e a temperatura do corpo de um indivíduo são, que ele tomou como 32° e 96°, respectivamente. Isso, de forma muito conveniente, lhe fornecia valores positivos de temperatura para todas as suas medições. Posteriormente, ele mudou o segundo ponto de referência para a temperatura de ebulição da água (212°). Celsius também usou pontos de gelo e ebulição, mas os definiu como 0 °C e 100 °C, respectivamente (41).

A temperatura termodinâmica é medida em escala relativa de graus Celsius (°C) ou graus Fahrenheit (°F). O homem tenta quantificar o ambiente térmico em que os animais são submetidos desde o início do século XX, sobre as variáveis: temperatura, umidade, velocidade do ar e radiação. Vários índices foram estudados por diversos, autores sendo que, até a década de 90, o mais empregado foi o Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade, por apresentar devida vantagem em relação a incorporação de um valor único, denominado de temperatura de globo negro, sob efeitos da temperatura do ar, umidade, ventilação e radiação (42).

TERMÔMETROS

A palavra termômetro origina-se do grego thermo que significa quente e metro que significa medida. Assim, termômetro é definido como o instrumento que mede temperatura. A construção de um termômetro está baseada no uso de alguma grandeza física que depende da temperatura, como o volume de um gás mantido a pressão constante, o volume de um corpo e a resistência elétrica de condutores metálicos entre outras grandezas. O termômetro é um instrumento que mede quantitativamente a temperatura de um sistema (43).

Os termômetros de mercúrio ou de álcool têm, com cada vez maior frequência, dado lugar a dispositivos elétricos, que podem ser automatizados e fornecendo dados digitalizáveis. Termômetros de resistência de platina são termômetros elétricos que usam a variação da resistência elétrica de um filamento de Platina de alta pureza. Essa variação é previsível, permitindo a realização de medições com grande exatidão. Eles são muito sensíveis e com equipamentos sofisticados podemos fazer medições da ordem de um milésimo de grau Celsius (44).

Já os termopares consistem em dois condutores metálicos diferentes ligados no ponto de medida. Quando os condutores são aquecidos, uma diferença de potencial é gerada no circuito e isso pode ser usado para determinar a temperatura, medem diversas temperaturas e a precisão é sua limitação (42).

Termômetros de radiação, ou pirômetros, partem do fato de que todos os objetos emitem radiação, como se sente quando nós voltamos para uma barra incandescente ou vemos o filamento de uma lâmpada. A quantidade de radiação emitida pode ser medida e relacionada à temperatura, usando a lei de Planck para a radiação. Temperaturas podem ser medidas remotamente usando essa técnica, com o sensor distante do objeto. Assim, esse método é adequado para objetos muito quentes, em movimento ou em ambientes com muito risco.

Os termômetros de radiação que atuam a grandes distâncias, isto é, sem contato com o objeto. São usados nos satélites meteorológicos para a obtenção da temperatura na atmosfera e na superfície da Terra e podem medir temperaturas entre -50oC e 3000oC (41).

Termômetros infravermelhos são capazes de aferir a temperatura de corpos ou superfícies a partir da radiação emitida por eles e a medição da temperatura é feita de modo que o sensor não precisa tocar a superfície, ou seja, não tem a necessidade de contato direto. Por meio da radiação infravermelha, pode-se fazer a imagem da distribuição de temperatura do corpo humano localizando infecções, ou detectar problemas com a rede elétrica encontrando os pontos onde os fios estão mais quentes (44).

TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA

A termografia de infravermelho (TIV) pode ser definida como uma técnica não invasiva de mapeamento térmico de um corpo, a partir da radiação infravermelha normalmente emitida pela superfície deste corpo. É baseada no princípio de que todos os corpos formados de matéria emitem certa carga de radiação infravermelha, proporcional a sua temperatura. Esta radiação pode ser capturada em um termograma que expressa o gradiente térmico em um padrão de cores. Com a importância que o bem-estar animal tem assumido nos mais diversos campos da medicina veterinária, da produção animal e nas pesquisas científicas da área, tornou-se imprescindível a utilização de técnicas e equipamentos não invasivos que prezem pelo conforto e qualidade na produção destacando-se assim, a termografia de infravermelho (45).

Desta forma, a termografia pode ser apresentada como um método capaz de avaliar a temperatura pela energia emitida pela superfície do corpo animal ou de qualquer objeto e transformá-la em uma imagem visível ao olho humano (46).

Uma grande vantagem do uso de imagens termográficas, é que este mecanismo não exige um contato físico direto com a superfície monitorada, permitindo assim a leitura remota da distribuição da temperatura, sendo seu uso para diversas aplicações na avicultura comercial (47). A mensuração da transferência de calor entre os animais e o ambiente é facilitada com o uso da tecnologia, possibilitando o dimensionamento adequado dos sistemas de climatização (48).

A termografia infravermelha é uma ferramenta inovadora que vem sendo utilizada em diversas pesquisas que envolvem animais, com diferentes objetivos: termorregulação, estresse térmico, comportamento, diagnóstico de doenças, produção e bem-estar animal (11,49-51).

Uma câmera termográfica, é um aparelho que possibilita a captura de luz infravermelha com o objetivo de transformá-la em uma faixa visível do espectro. Ou seja, por meio dela você consegue enxergar as imagens que são feitas a partir da radiação que um determinado objeto/animal emite (7). Também excelente ferramenta de predição de problemas de pés em frangos de corte, pode ser utilizada para acompanhar o surgimento de lesões de pododermatite e pode-se observar variações na temperatura dos pés em relação ao gait score apresentado pelo animal (52).

Ferreira et al. (4), utilizando imagens da TIV para estimar a eficiência da câmera termográfica na detecção da variação de produção de calor metabólico de pintinhos alimentados, com diferentes densidades energéticas, observaram que o aumento da densidade energética da dieta, proporcionou diferença de temperatura média superficial das aves, comprovando a eficiência da termografia infravermelha.

O estudo da Graciano (42), sobre aplicações da termografia infravermelha na produção animal mostraram a sua eficiência para identificar variações de temperatura superficial em animais de produção. A autora concluiu em sua dissertação que o uso de imagens termográficas permitiu maior acurácia nas medidas de perdas de calor sensível em pintinhos de um dia, demonstrando variações nas perdas de calor sensível nas diversas partes do corpo da ave, bem como nos dois ambientes avaliados na pesquisa.

O estudo de Alves (53), objetivou avaliar a temperatura superficial e a perda de calor sensível por radiação de frangos de corte e poedeiras, alimentados com diferentes fontes lipídicas utilizando as imagens termográficas. Em frangos de corte, a temperatura superficial foi diretamente proporcional à temperatura ambiental e inversamente proporcional a perda de calor sensível por radiação independente da fonte lipídica. A autora concluiu que o óleo de dendê demonstrou uma grande alternativa para produção de frango de corte, sem causar problemas na produção de calor metabólico. Para as galinhas poedeiras a fonte energética não alterou a temperatura superficial ou a perda de calor sensível por radiação, sendo esta influenciada diretamente pela temperatura ambiente.

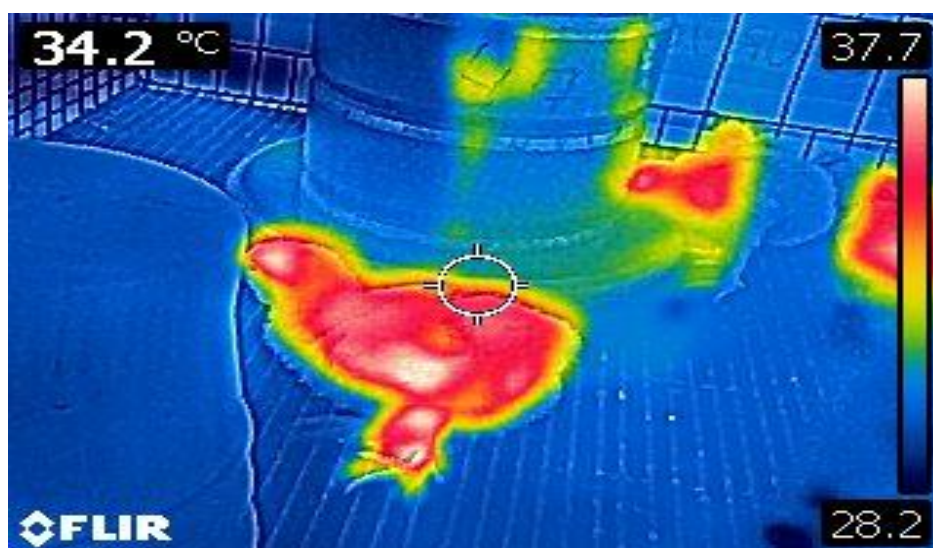


Figura 2. Imagem termográfica de pintinhos sob temperatura mais elevada. Fonte: própria do autor.

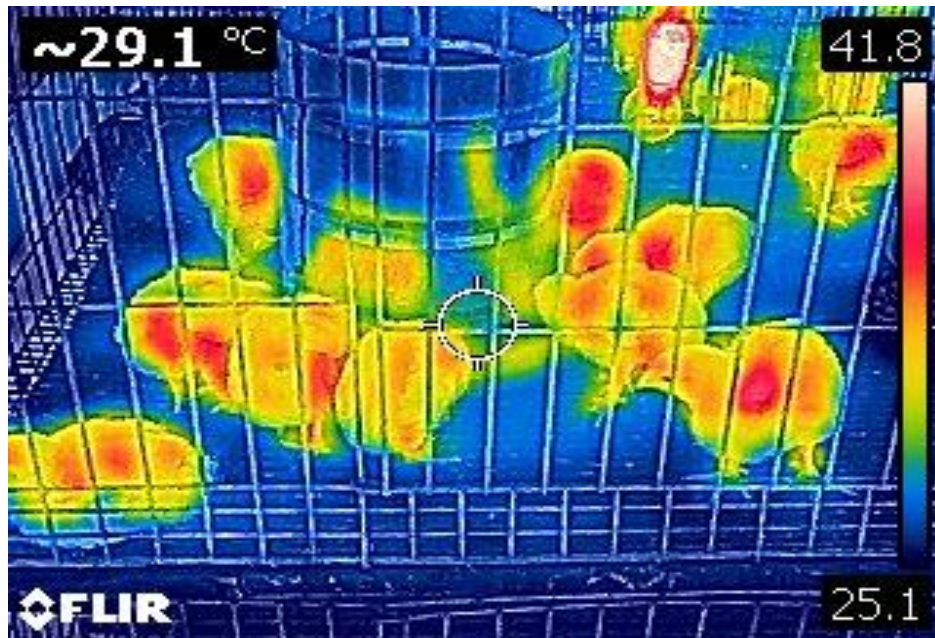


Figura 3. Imagem termográfica de pintinhos sob temperatura menos elevada. Fonte: própria do autor.

A implantação de novas tecnologias nas construções dos galpões deve seguir boas práticas de produção, observar as exigências ambientais, de biossegurança e de bem-estar animal (2;7), e estas inovações para analisar o meio de criação torna-se imprescindível.

Como condição necessária para alcançar um diagnóstico preciso, é necessário que a avaliação termográfica seja realizada por profissional treinado para correta mensuração e análise dos termogramas. Desta forma, o uso desta técnica de análise digital de imagens, contribui para a avaliação do comportamento animal e, conseqüentemente, também para a avaliação do ambiente interno de criação, utilizando os próprios animais como biossensores (54,55).

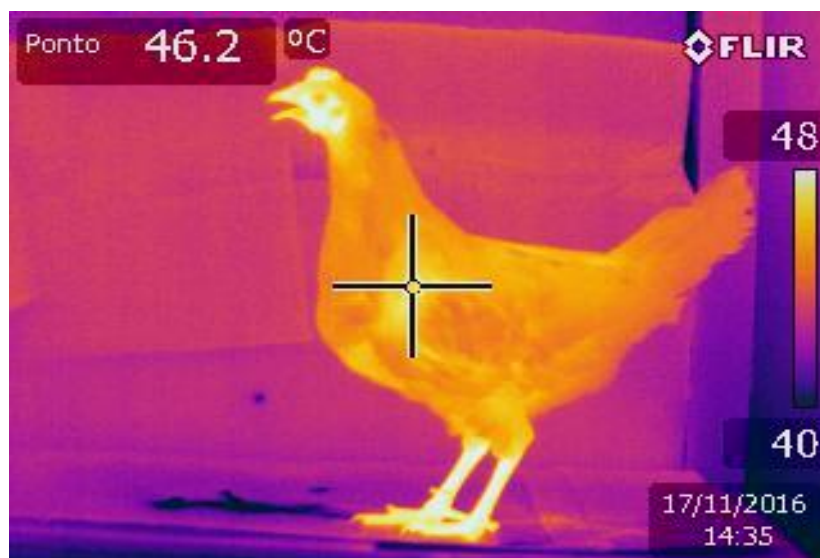


Figura 4. Imagem termográfica de franga exposta a ambiente de estresse calórico. Fonte: Souza et al. (16).

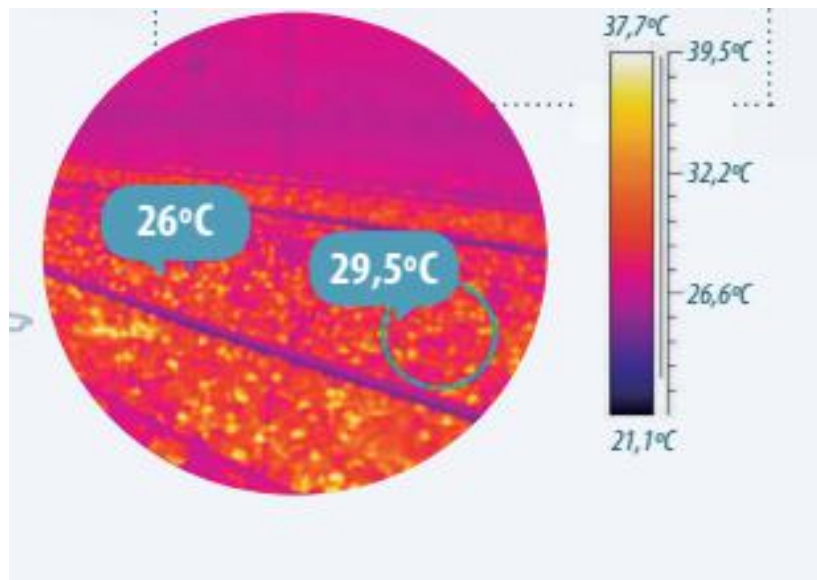


Figura 5. Imagem termográfica de frangos de corte com idade de abate em um galpão totalmente fechado, com velocidade de ar 167m/min (2,8 m/s). Fonte: Fairchild (32).

FRANGOS DE CORTE

Em avicultura o uso de câmeras termográficas é eficiente para mensurar a temperatura superficial das aves, sendo a temperatura superficial também correlacionada com as temperaturas superficiais das instalações (35) e dentro da própria incubadora.

A pododermatite é definida como inflamação na pele na região do coxim plantar do frango de corte que ocasiona lesões, e em casos mais graves pode progredir para úlceras, necrose, prejudicando a locomoção, levando a condenação da carcaça (56,57).

Aviários com umidade do ar inferior a 70% alteram a umidade da cama e conseqüentemente favorecem ao aparecimento de pododermatite. Outro fator determinante para o aparecimento da patologia é a temperatura superficial do coxim plantar, onde aves com temperatura inferior a 35°C apresentaram a lesão. Nas aves que apresentam lesão no coxim plantar, há o diferencial de temperatura superficial em relação a ave que não possui lesão, ou seja, há correlação entre o grau de pododermatite e a temperatura superficial (58).

Vários autores indicam que a presença de pododermatite está diretamente relacionada à umidade da cama, fermentação do substrato e aumento da temperatura, que são características associadas ao reaproveitamento da cama (59-61). Sendo a termografia de infravermelho uma técnica altamente segura para avaliar e resolver tais situações.

Nascimento et al. (7), trabalhando com frangos de corte, afirmaram que com a utilização da TIV, é possível estimar a dissipação de calor sensível e avaliar o conforto térmico dos animais. Os autores avaliaram o conforto térmico de frangos de corte criados em duas instalações com diferentes sistemas de climatização. Eles correlacionaram as temperaturas superficiais das aves com as condições climáticas da instalação, para estimar a dissipação de calor sensível dos animais com o auxílio da câmera termográfica.

Ferreira et al. (4) registraram a produção de calor metabólico de pintinhos recebendo rações com dois teores de energia, uma dieta controle com 2.950 kcal/kg e uma dieta de alta energia 3.950 kcal/kg. Eles identificaram de forma efetiva a atividade metabólica dos animais, proporcionando diferença da temperatura média superficial.

Utilizando uma câmera termográfica, Nääs et al. (47) avaliaram a variação da temperatura de superfície corporal de frangos de corte, com 42 dias de idade, criados com a mesma dieta, porém, em instalações com tipologias diferentes, e observaram que as regiões

sem penas acompanham a temperatura ambiente com maior facilidade e que as aves perdem mais calor sensível durante a manhã e mais calor latente durante a tarde. Nascimento et al. (35), trabalhando com frangos de corte, com objetivo de determinar um índice de conforto térmico para as aves baseada na lógica Fuzzy, também utilizaram da TIV para obtenção da temperatura superficial das aves.

Nääs et al. (62) avaliaram a perda de calor em pintinhos de um dia em incubatório por meio da técnica de termografia de infravermelho. Para isso calcularam a perda de calor sensível de dez pintainhos selecionados ao acaso na área de nascimento (incubatório comercial) e na sala de vacinação. Após avaliações concluíram que o uso da imagem térmica permitiu estimar a perda de calor sensível para as aves de um dia, e que houve diferença na quantidade de perda de calor nas diferentes partes do corpo analisadas.

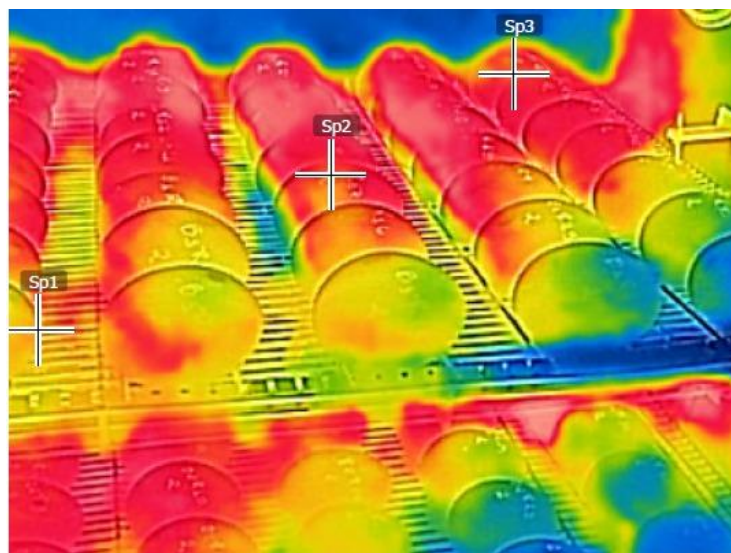


Figura 6. Imagem termográfica de ovos. Fonte: própria do autor.

GALINHAS POEDEIRAS

No Brasil, os sistemas de criação de galinhas poedeiras predominantes são em instalações abertas. Segundo Donato et al. (63), este tipo de instalação é mais utilizado por pequenos e médios produtores, onde ainda os investimentos relacionados a ambiência e ao bem-estar são poucos. Esse sistema de criação não possui controle das variáveis ambientais deixando as aves mais susceptíveis a condições de variações climáticas, levando ao desconforto térmico, principalmente por calor. Já quando se trata de cadeias produtivas maiores, eles realizam as adequações das instalações automatizando e climatizando-as.

As galinhas poedeiras são extremamente exigentes quanto aos limites das variáveis climáticas durante a fase de produção. Segundo o manual da linhagem Lohmann, a temperatura ambiental ideal para a fase de produção está entre 18°C e 20°C, e a umidade relativa do ar deve ficar entre 50 a 70%. Em relação a temperatura cloacal, em condição de conforto térmico esta é geralmente entre 40,5°C a 41,5°C (64).

Quando as aves são submetidas ao calor, realizam as trocas térmicas com o meio por meio de ações comportamentais e respostas fisiológicas. De acordo com Abreu e Abreu (2), entre as respostas comportamentais destacam-se a abertura das asas a fim de aumentar a área de superfície corporal, aumento da ingestão de água e redução do consumo de ração. Dentre os mecanismos fisiológicos que ocorrem em resposta ao estresse por calor, ocorre o aumento do fluxo sanguíneo para as regiões periféricas do corpo (vasodilatação) que não possuem cobertura de penas e aumento da taxa de evaporação pelo trato respiratório

Segundo Loyau et al. (65), as temperaturas superficiais de áreas sem empenamento podem ser usadas como parâmetro para avaliação do conforto térmico dos animais pois, elas variam de acordo com as mudanças ambientais. Aves mantidas em ambientes quentes apresentam maiores temperaturas superficiais em crista, barbelas, asas e pés do que em regiões empenadas como cabeça, dorso, peito e coxa (66).

Usando imagens termográficas para avaliar os efeitos da exposição de poedeiras comerciais pelo frio, Alves et al. (67) detectaram que aves sob condições de estresse pelo frio passaram aproximadamente quatro vezes mais energia tentando manter a temperatura corporal. Devido a sua capacidade limitada para consumir alimentos, as poedeiras não conseguiram gerar calor metabólico suficiente para equilibrar essas perdas e manter a temperatura corporal, causando uma redução na produção de ovos.

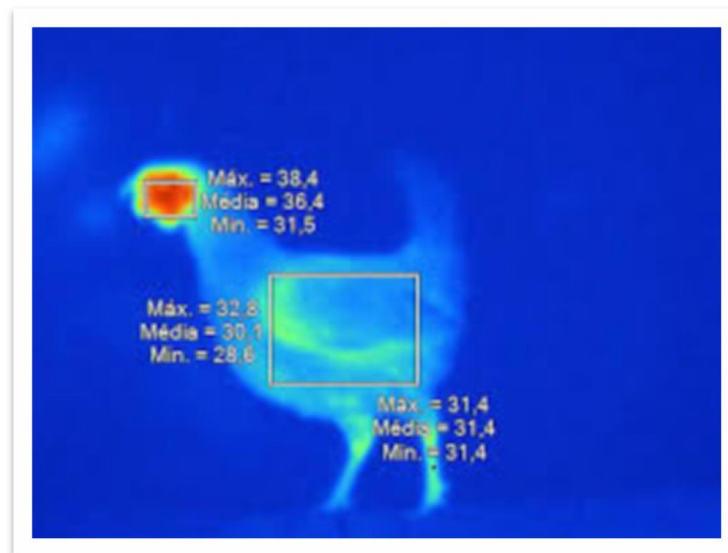


Figura 7. Poedeira capturada por câmera termográfica. Fonte: Camerini et al. (68).

Segundo Oliveira et al. (69), galinhas poedeiras afetadas por alterações no equilíbrio ácido básico, devido à exposição ao calor, podem produzir ovos com casca mais fina, pois altera o metabolismo do cálcio durante o processo de formação da casca. Outro fator importante devido a exposição a altas temperaturas que limita a disponibilidade de cálcio no sangue para a formação da casca do ovo é a redução no consumo de cálcio, via ração.

De acordo com Pereira et al. (70), houve uma correlação entre a temperatura ambiente e a qualidade de ovos de duas linhagens de poedeiras comerciais. Com o aumento da temperatura do ar, houve a formação de ovos de menor porcentagem e peso de casca bem como valores de peso específico.

Como discutido acima, foi possível observar que a tecnologia de termografia infravermelha é uma ferramenta que vem sendo utilizada em diversas pesquisas que envolvem as galinhas poedeiras e se mostram altamente eficazes e seguras. Sendo uma excelente alternativa para visualização de perfil térmico que pode indicar se o animal encontra-se sob estresse térmico.

CODORNAS

De acordo com Silva et al. (71) a exploração comercial de codorna no Brasil teve início em 1989, quando uma grande empresa avícola resolveu implantar o primeiro criatório no Sul do Brasil e recentemente iniciou-se a exportação de carcaças de codornas congeladas. A partir

daí a atividade passou a ter grande importância na economia agropecuária, em 2011 o Brasil já ocupava o lugar de quinto maior produtor mundial de carne de codornas e o segundo de ovos, coincidindo com o surgimento das grandes criações automatizadas e tecnificadas e novas formas de comercialização do ovo e da carne de codornas

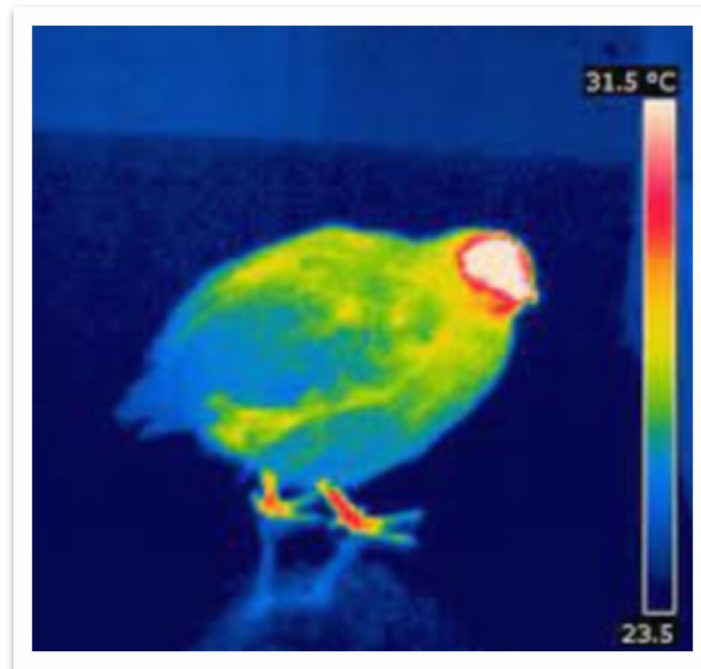


Figura 8. Codorna capturada por câmera termográfica. Fonte: Souza Júnior et al. (72).

Nos últimos anos, a coturnicultura tem apresentado desenvolvimento bastante elevado, com a adequação as novas técnicas e tecnologias de produção, em que uma atividade tida como de subsistência passa a ocupar um cenário de atividade altamente tecnificada (73). Os principais fatores que cooperam para isso são: o rápido crescimento da ave, maturidade sexual precoce, alta produtividade, grande número de aves em um pequeno espaço, longevidade na produção, baixo investimento, rápido retorno financeiro, além do excepcional sabor exótico de sua carne, responsável por iguarias finas e sofisticadas, podendo se tornar uma fonte de renda complementar dos pequenos produtores rurais. Do lado técnico-econômico, torna-se ainda mais interessante, ao verificar-se o rápido crescimento e atingimento da idade de postura, a elevada prolificidade e o pequeno consumo de ração.

O estudo de Souza Júnior et al. (72) objetivou verificar diferenças regionais na temperatura superficial de codornas (*Coturnix coturnix japônica*) utilizando a termografia infravermelha. A partir do mapeamento infravermelho os autores concluíram que as codornas japonesas, apresentam diferenças na temperatura superficial conforme a região corporal, sendo as áreas desprovidas de penas importantes sítios de termólise, em altas temperaturas.

COMENTÁRIOS FINAIS

O mapeamento das temperaturas interna e externa dos galpões nas instalações avícolas, são importantes visando a confecção de um ambiente que propicia conforto térmico aos animais, sendo ainda uma alternativa para determinar o impacto das condições ambientais na produção animal, auxiliando nas tomadas de decisões e promovendo a saúde e bem-estar dos animais, uma vez que a produção animal é limitada principalmente por fatores ligados ao estresse térmico.

Métodos não invasivos, como a termografia infravermelho, vêm ganhando espaço dentro da avicultura, principalmente por ser um mecanismo que permite uma leitura remota da distribuição da temperatura no animal sem contato físico. Constatou-se por meio desse estudo sua eficiência, indicando resultados com o mapeamento corporal, utilizando as imagens termográficas.

Foi possível observar que a tecnologia de termografia infravermelha é uma ferramenta que vem sendo utilizada em diversas pesquisas, especialmente que envolvem as galinhas poedeiras e frangos de corte, e se mostram altamente eficazes e seguras. Em codornas esses estudos ainda são escassos. Demonstrando assim que mais estudos devem ser desenvolvidos com esses animais.

REFERÊNCIAS

1. Rosalen K, Camerini NL, Piazzetta HVL, Berenchein B, Mota DA. Avaliação da temperatura corporal de frangos de corte usando imagens termográficas. *Braz J Develop.* 2020;6(6):42176-42184. doi: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n6-671>.
2. Abreu VMN, Abreu PG. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. *Rev Bras Zootec.* 2011;40(5):1-14.
3. Mogami CA. Desenvolvimento de metodologias para determinação do bem-estar e massa corporal de frangos de corte por meio de análise digital de imagens [tese]. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 2009.
4. Ferreira VMOS, Francisco NS, Belloni M, Aguirre GMZ, Caldara FR, Nääs IA, et al. Infrared thermography applied to the evaluation of metabolic heat loss of chicks fed with different energy densities. *Braz J Poult Sci.* 2011;1(3):113-8. doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-635X2011000200005>.
5. Vitorasso G, Pereira DF. Análise comparativa do ambiente de aviários de postura com diferentes sistemas de acondicionamento. *Rev Bras Eng Agric Ambient.* 2009;13(6):788-94. doi: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662009000600018>.
6. Araújo FE, Nääs IA, Garcia RG, Lima NDS, Ponso R. Produção de frangos de corte em aviários Dark House com diferentes fontes de iluminação. *Enciclopedia Biosfera.* 2014;10(18):87-96.
7. Nascimento GR, Nääs IA, Baracho MS, Pereira DF, Neves DP. Termografia infravermelho na estimativa de conforto térmico de frangos de corte. *Rev Bras Eng Agric Ambient.* 2014;18(6):658-63. doi: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662014000600014>.
8. Roberto JVB, Souza BB. Utilização da termografia de infravermelho na medicina veterinária e na produção animal. *J Anim Behav Biometeorol.* 2014;2(3):73-84. doi: <https://doi.org/10.14269/2318-1265/jabb.v2n3p73-84>.
9. Leão JM, Lima JAM, Pôssas FP, Pereira LGR. Uso da termografia infravermelha na pecuária de precisão. *Cad Tec Vet Zootec.* 2015;2(79):23-37.
10. Ferreira KD, Ávila Filho SH, Bertolino JF, Silva LAF, Vulcani VAS. Termografia por infravermelho em medicina veterinária. *Enciclopedia Biosfera.* 2016;13(23):1298-313.

11. Torquato JL, Souza JBF Jr, Queiroz JPAF, Costa LM. Termografia infravermelha aplicada a emas (*Rhea americana*). *J Anim Behav Biometeorol*. 2015;3(2):51-6. doi: <http://dx.doi.org/10.14269/2318-1265/jabb.v3n2p51-56>.
12. Margato Neto AM, Ribeiro RM, Silva JMS, Sampaio SA, Silva NGD, Cruz LCF, et al. Termorregulação em frangos de corte. In: Medeiros JA, Niro CM, Medeiros, JMP. *Produção animal e vegetal: inovações e atualidades. I Congresso Brasileiro de Produção Animal e Vegetal*. Jardim do Seridó (RN): Agron Food Academy; 2021. Cap. 31, p. 285-300.
13. Amaral G, Guimarães D, Nascimento JC, Custodio S. Avicultura de postura: estrutura da cadeia produtiva, panorama do setor no Brasil e no mundo e o apoio do BNDES. *BNDES Setorial* [Internet]. 2016 [citado 9 Mar 2022];(43):167-207. Disponível em: <http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/9579>
14. Espindola CJ. Trajetórias do progresso técnico na cadeia produtiva de carne de frango do Brasil. *Geosul*. 2012;27(53):89-114. doi: <https://doi.org/10.5007/2177-5230.2012v27n53p89>.
15. Curtis SE. *Environmental management in animal agriculture*. Ames: Iowa State University Press; 1983.
16. Souza CF, Baêta FC, Tinoco IFF, Freitas LCSR, Cândido MGL. Características ambientais dos aviários adotados atualmente no Brasil e respostas no desempenho produtivo [Internet]. Rio de Janeiro: Animal Business Brasil; 2017 [citado 9 Mar 2022]. Disponível em: <https://animalbusiness.com.br/producao-animal/infraestrutura-e-equipamentos/caracteristicas-ambientais-dos-aviarios-adotados-atualmente-no-brasil-e-respostas-no-desempenho-produtivo/>
17. Macari M, Furlan RL, Gonzales E. *Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte - Ampliada*. Jaboticabal: editora FUNEP/UNESP; 2002.
18. Floriano LS. Fisiologia da termorregulação. In: Floriano LS. *Avicultura: anatomia e fisiologia das aves domésticas*. Urutaí: Rede E-Tec Brasil; 2013. p. 80-5.
19. Abreu PG, Abreu VMN. *Conforto térmico para aves*. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves; 2004. (Comunicado Técnico).
20. Furlan RL, Macari M. Termorregulação. In: Macari M, Furlan RL, Gonzales E, editores. *Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte*. Jaboticabal: FUNEP/UNESP; 2002. p. 209-30.
21. Nazareno AC, Pandorfi H, Almeida GL, Giongo PR, Pedrosa EM, Guiselini C. Avaliação do conforto térmico e desempenho de frangos de corte sob regime de criação diferenciado. *Rev Bras Eng Agric Ambient*. 2009;13(6):802-8. doi: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662009000600020>.
22. Costa EMS, Dourado LRB, Merval RR. Medidas para avaliar o conforto térmico em aves. *Pubvet*. 2012;6(31):1450-4.

23. Moura PS, Furtado DA, Oliveira JFS, Neto JPL, Rodrigues VP. Temperatura superficial e emissão de calor sensível de codornas japonesas mantidas em diferentes temperaturas. In: Anais do Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia - CONTECC'2016; 2016; Foz do Iguaçu (PR). Foz do Iguaçu: CONTECC; 2016.
24. Batista J. Estresse térmico e seu impacto na criação das aves: um breve relato [Internet]. Itu: Avicultura Industrial; 2017 [citado 9 Mar 2022]. Disponível em: <https://www.aviculturaindustrial.com.br/imprensa/estresse-termico-e-seu-impacto-na-criacao-das-aves-um-breve-relato-por-juliana/20170926-133753-d548>
25. Santana MHM, Saraiva EP, Costa FGP, Figueiredo Júnior JPF, Santana AMMA, Alves AR. Ajuste dos níveis de energia e proteína e suas relações para galinhas poedeiras em diferentes condições térmicas. *Pubvet.* 2018;12(1):1-12. doi: <https://doi.org/10.22256/pubvet.v12n1a20.1-12>.
26. Franzini BD, Cruz LCF, Sampaio AS, Borges KF, Barros HSS, Santana FXC, et al. Indicadores sanguíneos hematológicos e hormonais do estresse na avicultura. *Res Soc Dev.* 2022;11(3):e16111326303. doi: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i3.26303>.
27. Zanusso JT, Oliveira RFM, Donzele JL, Ferreira RA, Rostagno HS, Euclides RF, et al. Níveis de energia metabolizável para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade mantidos em ambiente de conforto térmico. *Rev Bras Zootec.* 1999;28(5):1068-74. doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-35981999000500024>.
28. Sousa Junior JC, Rocha FRT, Coelho KO. Análise bibliométrica sobre galinha e frango caipira/colonial. *Res Soc Dev.* 2020;9(8):54-63. doi: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i8.6354>.
29. Cassuce DC. Determinação das faixas de conforto térmico para frangos de corte de diferentes idades criados no Brasil [tese]. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 2011.
30. Ferreira RA. Ambiência em construções rurais para aves. In: Ferreira RA. *Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos.* Viçosa: Aprenda Fácil; 2005.
31. Santos RC, Ávalo H, Nääs IA, Jordan RA, Machado ST. Estimativa do conforto térmico em aviário de frango de corte usando termografia infravermelha. In: Anais do 43o Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA; 2014; Campo Grande. Campo Grande: CONBEA; 2014.
32. Fairchild MCYB. Sete conselhos fundamentais para o manejo da ventilação em túnel [Internet]. Rio Claro: AviNews Brasil; 2019 [citado 9 Mar 2022]. Disponível em: <https://avicultura.info/pt-br/sete-conselhos-fundamentais-para-o-manejo-da-ventilacao-em-tunel/>
33. Oliveira RFM, Zanusso JT, Donzele JL, Ferreira RA, Albino LFT, Valerio SR, et al. Níveis de energia metabolizável para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade mantidos em ambiente de alta temperatura. *Rev Bras Zootec.* 2000;3(6):810-6. doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982000000300024>.

34. Nobakht A, Tabatbaei S, Khodaei S. Effects of different sources and levels of vegetable oils on performance, carcass traits and accumulation of vitamin e in breast meat of broilers. *Curr Res J Biol Sci* [Internet]. 2011 [citado 9 Mar 2022];3(6):601-5. Disponível em: <https://maxwellsci.com/jp/abstract.php?jid=CRJBS&no=148&abs=11>
35. Nascimento GR, Pereira DF, Nääs IA, Rodrigues LHA. Índice fuzzy de conforto térmico para frangos de corte. *Eng Agric*. 2011;31(2):219-229. doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162011000200002>.
36. Ávalo H. Estimativa do conforto térmico em aviário de frango de corte usando termografia infravermelha [dissertação]. Dourados: Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados; 2014.
37. Médrad L, Tochoiri H. Histoire de la thermochemie. Aix-en-Provence: Publications de L'Université de Provence; 1994.
38. Bassalo JMF. A crônica do calor: calorimetria. *Rev Bras Ens Fis* [Internet]. 1992 [citado 9 Mar 2022];14(1):29-38. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol14a06.pdf>
39. Quinn TJ. Temperature. London: Academic Press; 1990.
40. López JC. 5 manejos para melhorar a qualidade dos pintos [Internet]. Rio Claro: AviNews Brasil; 2019 [citado 9 Mar 2022]. Disponível em: <https://avicultura.info/pt-br/5-manejos-para-melhorar-a-qualidade-dos-pintos/>
41. Mcgee TD. Principles and methods of temperature measurement. New York: John Wiley & Sons; 1988.
42. Graciano DE. Aplicações da termografia infravermelha na produção animal [dissertação]. Dourados: Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados; 2013.
43. Vilar AB, De Jesus VLB, Matos RG, Marques LCO, Zuim FA, Souza JM, et al. Medição de temperatura: o saber comum ignorado nas aulas experimentais. *Rev Bras Ens Fis*. 2015;37(2):2501-7. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11173721770>.
44. Bernardes AT. Temperatura [Internet]. Rio de Janeiro: Inmetro; 2012 [citado 9 Mar 2022]. Disponível em: http://otzsrvbom.otimize.com:8080/jspui/bitstream/2050011876/424/1/banner_04_temperatura.pdf
45. Eddy AL, Van Hoogmoed LM, Snyder JR. The role of thermography in the management of equine lameness. *Vet J*. 2001;162(3):172-81. doi: <https://doi.org/10.1053/tvjl.2001.0618>.
46. Ziproudina N, Ming Z, Hänninen OOP. Plantar infrared thermography measurements and low back pain intensity. *J Manipulative Physiol Ther*. 2006;5(9):219-22. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2006.01.003>.

47. Nääs IA, Romanini CEB, Nascimento DPNGR, Vercellino RA. Distribuição da temperatura superficial de frangos de corte com 42 dias de idade. *Sci Agric*. 2010;67(5):497-502. doi: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162010000500001>.
48. Aerts M, Wathes CM, Berckmans D. Dynamic data-based modeling of heat production and growth of broiler chickens: development of an integrated management system. *Biosyst Eng*. 2003;84(3):257-66. doi: [https://doi.org/10.1016/S1537-5110\(02\)00285-4](https://doi.org/10.1016/S1537-5110(02)00285-4).
49. Tattersall GJ, Andrade DV, ABE AS. Heat exchange from the toucan bill reveals a controllable vascular thermal radiator. *Science*. 2009;32(5):468-70. doi: <https://doi.org/10.1126/science.1175553>.
50. Dunbar MR, Johnson SR, Rhyan JC, Mccollum M. Use of infrared thermography to detect thermographic changes in mule deer (*Odocoileus hemionus*) experimentally infected with foot - and - mouth disease. *J Zoo Wildl Med*. 2009;40(5):296-301. doi: <https://doi.org/10.1638/2008-0087.1>.
51. Weissenböck NM, Weiss CM, Schwammer HM, Kratochvil H. Thermal windows on the body surface of African elephants (*Loxodonta africana*) studied by infrared thermography. *J Therm Biol*. 2010;3(5):182-8. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2010.03.002>.
52. Coelho CGH. Qualidade da carne e bem-estar em frangos de corte criados em ambiente enriquecido [dissertação]. Botucatu: Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista; 2021.
53. Alves FMS. Calor metabólico de frangos de corte e poedeiras alimentados com diferentes fontes lipídicas [dissertação]. Dourados: Universidade Federal da Grande Dourados; 2012.
54. Coelho DR, Sousa FC, Baptista F, Cruz VF, Tinôco IF, Souza CF. Use of analysis and processing of digital images for evaluation and control of animal behavior in hot climates. *Agric Eng Int [Internet]*. 2018 [citado 9 Mar 2022];3(2):23-35. Disponível em: <https://cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/view/4698>
55. Gade R, Moeslund TB. Thermal cameras and applications: a survey. *Mach Vis Appl*. 2014;25(1):245-62. doi: <https://doi.org/10.1007/s00138-013-0570-5>.
56. Bilgili SF, Alley MA, Hess JB, Blake JP, Macklin KS, Sibley JL. Influence of bedding material on footpad dermatitis in broiler chickens. *J Appl Poult Res*. 2009;18(4):583-9. doi: <https://doi.org/10.3382/japr.2009-00023>.
57. Hoffmann G, Ammon C, Volkamer L, Sürrie C, Radko D. Sensor-based monitoring of the prevalence and severity of foot pad dermatitis in broiler chickens. *Br Poult Sci*. 2013;54(5):553-61. doi: <https://doi.org/10.1080/00071668.2013.830174>.
58. Jacob FG, Bracho MS, Nääs IA, Sartor K, Souza R. O uso da termografia na observação de pododermatite em frangos de corte. In: *Anais da Conferência FACTA; 2014; Atibaia (SP)*. Campinas: Fundação APINCO; 2014.
59. Shepherd EM, Fairchild BD. Footpad dermatitis in poultry. *Poult Sci*. 2010;89(10):2043-51. doi: <https://doi.org/10.3382/ps.2010-00770>.

60. Mendes AS, Paixão SJA, Marostega JB, Restelatto RC, Oliveira PAV, Possenti JCA. Mensuração de problemas locomotores e de lesões no coxim plantar em frangos de corte. *Arch Zootec.* 2012;61(234):217-28. doi: <https://dx.doi.org/10.4321/S0004-05922012000200006>.
61. Martins RS, Hötzel MJ, Poletto R. Influence of in-house composting of reused litter on litter quality, ammonia volatilisation and incidence of broiler foot pad dermatitis. *Br Poult Sci.* 2013;54(6):669-76. doi: <https://doi.org/10.1080/00071668.2013.838747>.
62. Nääs IDA, Graciano DE, Garcia RG, Santana MRD, Neves DP. Heat loss in one day old pullets inside a hatchery. *Eng Agric.* 2014;34(4):610-6. doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162014000400001>.
63. Donato DCZ, Gandra ERS, Garcia PD, Reis CB, Gameiro AH. A questão da qualidade no sistema agroindustrial do ovo. In: *Anais do 47o Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural; 2009; Porto Alegre. Porto Alegre: SOBER; 2009. p. 1-13.*
64. Dagher NJ. *Poultry production in hot climates.* Beirut: American University of Beirut; 2008.
65. Loyau T, Zerjal T, Rodenburg TB, Fablet J, Tixier-Boichard M, Pinard-van der Laan MH, et al. Heritability of body surface temperature in hens estimated by infrared thermography at normal or hot temperatures and genetic correlations with egg and feather quality. *Animal.* 2016;10(10):1594-601. doi: <https://doi.org/10.1017/S1751731116000616>.
66. Moe RO, Bohlin J, Flø A, Vasdal G, Stubsjøen SM. Hot chicks, cold feet. *Physiol Behav.* 2017;179(3):42-8. doi: <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2017.05.025>.
67. Alves FMS, Felix GA, Almeida Paz ICL, Nääs IA, Souza GM, Caldara FR, et al. Impact of exposure to cold on layer production. *Braz J Poult Sci.* 2012;14(3):223-6. doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-635X2012000300010>.
68. Camerini NL, Silva RC, Nascimento JWB, Oliveira DL, Souza BB. Variação da temperatura superficial de aves poedeiras criadas em dois sistemas de criação utilizando termografia. *Agropecu Cient Semiarido.* 2016;12(2):145-52. doi: <http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v12i2.665>.
69. Oliveira DL, Nascimento JWB, Camerini NL, Silva RC, Furtado DA, Araújo TGP. Desempenho e qualidade de ovos de galinhas poedeiras criadas em gaiolas enriquecidas e ambiente controlado. *Rev Bras Eng Agric Ambient.* 2014;18(11):45-56. doi: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n11p1186-1191>.
70. Pereira DF, Vitorasso G, Oliveira SC, Kakimoto SK, Togashi CK, Soares NM. Correlations between thermal environment and egg quality of two-layer commercial strains. *Braz J Poult Sci.* 2008;10(2):81-8. doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-635X2008000200002>.

71. Silva JHV, Jordão Filho J, Costa FGP, Lacerda PB, Vargas DGV, Lima MR. Exigências nutricionais de codornas. Rev Bras Saude Prod Anim. 2012;13(3):775-90.
72. Souza Júnior JBF, Queiroz JPAF, Domingos HGT, Torquato JL, Sá Filho GF, Linhares CMS, et al. Avaliação termográfica de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*). J Anim Behav Biometeorol. 2013;1(2):61-4. doi: <http://dx.doi.org/10.14269/2318-1265.v01n02a05>.
73. Pastore SM, Oliveira WP, Muniz JCL. Panorama da coturnicultura no Brasil. Rev Eletronica Nutritime. 2012;9(6):2041-9.

Recebido em: 30/03/2021

Aceito em: 21/06/2022