

TERMOGRAFIA DE INFRAVERMELHO COMO FERRAMENTA PARA ESTIMAR A TRANSFERÊNCIA DE CALOR SENSÍVEL EM CODORNAS

Bruno Emanuel Teixeira^{1*}, Evandro Menezes de Oliveira², João Victor do Nascimento Mós¹, Sheila Tavares Nascimento¹, Ana Flávia Brunheira Pereira², Lenilson Rosa Fonseca², Juliana Beatriz Toledo², Tatiana Carlesso dos Santos²

¹Universidade de Brasília (UnB), Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAV), Brasília, DF.

²Universidade Estadual de Maringá (UEM) Programa de Pós-graduação em Zootecnia (PPZ), Maringá, PR. *Autor correspondente: zootecnista.evandro@gmail.com

RESUMO: O objetivo do trabalho foi estimar a transferência de calor sensível de três regiões da superfície corporal de codornas (face, corpo e pé) com o auxílio da termografia de infravermelho. O experimento foi realizado na Universidade Estadual de Maringá, Maringá – PR. Foram utilizadas 25 codornas fêmeas adultas da espécie *Coturnix coturnix japonica*, com 270 dias de idade. Utilizou-se uma câmera termográfica para mensuração da temperatura superficial das codornas em três regiões da face, do corpo e das pernas. Foi calculado a transferência de calor sensível entre a superfície do corpo da ave e o ar. Foram mensuradas as variáveis meteorológicas temperatura e umidade relativa do ar e temperatura do globo negro e assim calculou-se a temperatura operativa. A análise de variância foi realizada pelo método dos quadrados mínimos. Observou-se diferença significativa para as transferências de calor entre todas as regiões corporais ($P < 0,0001$). Quando a temperatura operativa estava abaixo de 25°C todas as regiões da face, do corpo e das pernas conseguem dissipar 98,5; 70,7 e 65,8 Wm^{-2} respectivamente. Concluímos que foi possível estimar a transferência de calor sensível em codornas com o auxílio da termografia de infravermelho para mensuração da temperatura superficial das aves. A região facial mostrou-se a mais importante para transferência de calor quando a temperatura do ambiente está abaixo de 25°C, porém quando acima desse valor as pernas das codornas se tornam a mais eficiente para a transferência de calor.

PALAVRAS-CHAVE: avicultura, ambiência, biometeorologia animal, transferência calor

ABSTRACT: This work aimed to estimate the sensible heat transfer from three regions of the quail body surface (face, body, and foot) with the aid of infrared thermography. The experiment was conducted at of the State University of Maringá, Maringá - PR. Twenty-five adult female quails of the species *Coturnix coturnix japonica*, 270 days old, were used. A thermographic camera was used to measure the quail's surface temperature in three regions of the face, body and legs. Sensible heat transfer between the bird's body surface and the air was calculated. The meteorological variables air temperature, relative air humidity and temperature of the black globe were measured, and the operative temperature was calculated. The analysis of variance was performed using the least squares method. A significant difference was observed for heat transfers between all body regions ($P < 0.0001$). When the operative temperature was below 25°C, all regions of the face, body and legs can dissipate 98.5, 70.7, and 65.8 Wm^{-2} respectively. We concluded that it was possible to estimate the sensible heat transfer in quails with the aid of infrared thermography to measure the birds surface temperature. The facial region proved to be the most important for heat transfer when the ambient temperature is below 25°C, but when above this value, the legs of the quails become the most efficient for heat transfer.

KEYWORDS: ambience, animal biometeorology, heat transfer, poultry

INTRODUÇÃO: A termografia é aplicada na zootecnia de precisão para mensuração da temperatura superficial de materiais, galpões e dos animais. Porém, apenas aferir a temperatura superficial das codornas (Castro et al., 2019) de forma isolada não indica o estado de conforto térmico dos animais e por isso, é necessária sua associação com as variáveis meteorológicas como a temperatura do ambiente para elucidar as transferências por mecanismos sensíveis, se para ganho ou perda de calor. Assim, a transferência de calor pode ser utilizada para prever respostas das aves as condições de conforto e estresse térmico (Nascimento et al., 2014), desde que exista um diferencial de temperatura entre o ar e a superfície corporal do animal, tanto no sentido do ganho de calor como para perda (DaSilva e Maia, 2013). Esses processos de transferência de calor sensível ocorrem em todas as partes do corpo das aves, porém com maior eficiência em regiões do corpo desprovidas de penas, como na crista, barbela e nos pés (Nääs et al., 2010), já que nas aves as penas exercem o papel de isolante térmico, o que dificulta a transferência de calor com o ambiente. Quando adultos os pés são a principal região corporal responsável por dissipar o calor em frangos de corte (Nascimento et al., 2014). Como as codornas são desprovidas de crista e de barbela e o pescoço é coberto por penas, surge a hipótese de que possivelmente outras regiões corporais seriam responsáveis pela transferência de calor na superfície do corpo de forma mais significativa. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi estimar a transferência de calor sensível de três regiões da superfície corporal das codornas com o auxílio da termografia de infravermelho.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi realizado no setor de coturnicultura da Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), da Universidade Estadual de Maringá (UEM), localizada no distrito de Iguatemi – PR (23°25' S e 51°57' O, e 550 metros de altitude).

Foram utilizadas 25 codornas fêmeas adultas da espécie *Coturnix coturnix japonica*, com 270 dias de idade, com peso médio 170g±0,15g. As aves foram mantidas individualmente em gaiolas suspensas (27x35x40cm), com bebedouros tipo nipple e comedouros tipo calha. O alojamento foi em galpão convencional, com muro lateral de 1,20m, as laterais revestidas de tela e cortinas de regulagem manual, telhado coberto com telha de fibrocimento.

Foram mensuradas as variáveis meteorológicas: temperatura (T_{AR} , °C) e a umidade relativa do ar (UR, %), coletadas por meio de um termohigrômetro digital (modelo 7666, Incoterm®), a temperatura do globo negro (T_G , °C), com o auxílio de um globo negro (15 cm de diâmetro) acoplado a um datalogger (modelo, U12-013, HOBO®), instalado no corredor do galpão na altura das gaiolas (140 cm do piso), com intervalos mensuração de 10min. A temperatura do globo negro foi utilizada para o cálculo da temperatura radiante média (T_{RM} , K, DaSilva e Maia 2013). A temperatura operativa (T_O , °C) para ambientes fechados e sem a incidência da radiação solar direta foi calculada considerando uma combinação entre a temperatura radiante média e a temperatura do ar, além das resistências à transferência de calor por convecção e radiação de ondas longas, de acordo com o descrito por Da Silva e Maia (2013).

A temperatura superficial (T_S , °C) das codornas foram mensuradas nas três regiões face, corpo e pés (Tartterssal, 2016) pela análise de imagens no Software Smart View 4.2 (Castro et

al. 2019), capturadas por uma câmera termográfica de infravermelho (modelo Ti110, Fluke®). Para isso as aves foram inseridas em uma caixa de papelão totalmente vedada e forrada com papel E.V.A. cor preta (Giloh et al., 2012), nos horários das 8h (turno da manhã) e das 14h (turno da tarde), durante 8 dias consecutivos. A transferência de calor sensível total (Q_{SENS} , Wm^{-2}) calculado pela combinação entre os mecanismos de convecção e radiação de ondas longas. A Entre a superfície do corpo da ave (nas regiões da face, corpo e pernas) e o ar foram calculados pela equação 1, descrito por Nascimento et al. (2014).

$$Q_{sens} = D Ce \left[\frac{(T_s - T_o)}{ro} \right], W m^{-2} \quad [1]$$

Onde: Q_{SENS} é a transferência de calor sensível (Wm^{-2}); D é a densidade do ar ($g m^{-3}$); Ce é o calor específico do ar ($J g^{-1} K^{-1}$); T_s é a temperatura superficial (K), T_o é a temperatura operativa (K); ro é a resistência total na camada limite, sendo a combinação entre os fluxos por convecção e por radiação.

Os dados foram submetidos a análise de variância, com base no método de quadrados mínimos (HARVEY, 1960), com o auxílio do Software SAS®. Os efeitos testados foram desdobrados pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. O modelo estatístico adotado para a análise de variância foi:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + P_j + R_k + P_jR_k + e_{ijkl}$$

Onde: Y_{ijkl} = é a l-ésima observação da transferência de calor sensível; μ = média paramétrica; A_i = efeito aleatório da i-ésima ave ($i=1, \dots, 25$); P_j = efeito fixo do j-ésimo período do dia (j = manhã ou tarde); R_k = efeito aleatório da k-ésima região corporal (k =face, corpo e pés); P_jR_k = efeito da interação entre o j-ésimo período do dia e a k-ésima região corporal; e_{ijkl} = resíduo, incluindo o erro aleatório;

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Observou-se diferença significativa ($P<0,0001$) para a transferências de calor sensível (Q_{SENS} , Wm^{-2}) para os efeitos de período do dia e regiões corporais de codornas japonesas ($P<0,0001$), e também houve efeito ($P<0,0001$) da interação entre períodos do dia e as regiões corporais (face, corpo e pés). Pela manhã as regiões corporais da face, corpo e pernas apresentaram médias de transferência de 98,5; 70,7 e 65,8 Wm^{-2} respectivamente (Tabela 1), que representam perda de calor devido a temperatura operativa abaixo de 25°C. O formato mais curto das penas na região da face, permite que a região cutânea fique mais aparente, por isso a vascularização sanguínea nesta região permite maior temperatura superficial o que favorece a transferência de calor sensível nesta região, que neste experimento mostrou-se a mais eficiente na dissipação de calor quando a temperatura operativa esteve entre 18 e 25°C. Quando a temperatura operativa ultrapassou os 26°C, que foram observados no período da tarde, os valores de transferência de calor reduzem pela metade para a cabeça 48,13 $W m^{-2}$ e corpo 30,03 $W m^{-2}$, porém neste período a perna permanece tão eficiente quanto a cabeça em relação a dissipação de calor com capacidade equivalente de perda com 49,54 Wm^{-2} . Desta forma quando há exposição a temperaturas elevadas a região das pernas passa a ser a principal região corporal para a transferência de calor em comparação às regiões da face e corpo das codornas (Tabela 1). Essa mesma relação foi observada por Nascimento et al. (2014) ao estudarem qual região do corpo com maior contribuição para a perda de calor sensível de frangos de corte ao longo do ciclo de criação (42 dias), observaram que nas primeiras 2 semanas não houve diferença entre as regiões corporais, por serem animais jovens e não terem o sistema termorregulatório maduro. Assim, à medida que ocorre o desenvolvimento das penas, gera maior susceptibilidade ao estresse

térmico, e por isso, pelo engrossamento das pernas os frangos utilizam essa região de forma eficiente para a transferência de calor sensível.

Tabela 1. Transferência de calor sensível total (Wm^{-2}) nas regiões da face, do corpo e das pernas em função dos períodos do dia (A).

Período do dia	Regiões corporais		
	Face	Corpo	Pés
Manhã	98,45 Aa	70,73 Ab	60,85 Ac
Tarde	48,13 Ba	30,03 Bb	49,52 Ba

^{a,b}Letras minúsculas são a comparação entre as partes do corpo e ^{A,B}Letras maiúsculas são a comparação entre os períodos dos dia.

CONCLUSÕES: Foi possível estimar a transferência de calor sensível em codornas com o auxílio da termografia de infravermelho para mensuração da temperatura superficial das aves, e dessa forma um potencial para o monitoramento. Neste estudo a região facial mostrou-se como a região corporal mais importante de transferência de calor sensível entre a superfície das codornas adultas e o ar, quando a temperatura operativa é menor que 25°C, porém quando a temperatura é maior que 26°C ocorre redução da dissipação de calor em todas as regiões e as pernas das codornas se tornam eficientes tanto quanto a cabeça para a transferência de calor.

AGRADECIMENTOS: ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - (CAPES) e ao Grupo BioCer “A Biometeorologia aplicada do Cerrado Brasileiro”.

REFERÊNCIAS

- DaSilva, R. G., Maia, S. C. Exchange between animals and environment, mammals and birds. In, Principles of animal biometeorology. Springer. London. First ed. p.107-114. 2013.
- Castro, J. O., Abreu, A. L., Conti, L., Moura, G. B., Cecchin, D., Yanagi Junior, T. and Ferraz, P. F. P. Use of thermography for the evaluation of the surface temperature of Japanese Quail submitted at different temperatures. *Agronomy Research* v.17, n.4, p.1560–1567, 2019.
- Giloh, M. D., Shinder and S. Yahav. Skin surface temperature of broiler chickens is correlated to body core temperature and is indicative of their thermoregulatory. *Poultry Science*, v.91, p.175-188, 2012.
- Nääs, I. A.; Romanini, E. B.; Neves, D. P.; Nascimento, G. R.; Vercellino, R. A. Broiler surface temperature distribution of 42-day old chickens. *Science Agriculture (Piracicaba, Brasil)*, v.67, n.5, p.497-502, 2010.
- Tattersall, G. J. Infrared thermography: A non-invasive window into thermal physiology. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, v.202, p.78-98, 2016.