

DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE UM MODELO MATEMÁTICO PARA O CÁLCULO DA ÁREA SUPERFICIAL DE FRANGOS DE CORTE

EBERSON SILVA¹, TADAYUKI YANAGI JÚNIOR², ROBERTO A. BRAGA JÚNIOR²,
MARCOS A. LOPES², FLÁVIO A. DAMASCENO², GLEICE C. A. E SILVA²

RESUMO: A área superficial de frangos de corte é importante parâmetro de entrada em modelos de transferência de calor e massa. Dessa forma, o presente trabalho teve o objetivo de desenvolver e validar modelo matemático empírico para estimar a área superficial (A_s) de frangos de corte. Para a realização desta pesquisa, foram utilizadas 84 aves de corte da linhagem Ross, sendo 37 machos e 47 fêmeas, com animais abrangendo todo o período da fase de criação. Em cada teste realizado em laboratório, uma ave, aleatoriamente selecionada, teve as suas dimensões (comprimento, largura e altura) e massa corporal avaliadas. A pele com penas da ave foi retirada para a determinação da A_s . Parte dos dados foi usada para ajuste da equação para a determinação da A_s e parte para a validação. Os resultados mostraram que a equação empírica para a determinação da A_s é estatisticamente significativa ($P < 0,0001$) e apresenta coeficiente de determinação (r^2) de 0,9886, sendo posteriormente validada pelo teste t ($P > 0,05$).

PALAVRAS-CHAVE: frangos de corte, área superficial, modelo empírico, análise de imagens.

DEVELOPMENT AND VALIDATION OF A MODEL TO COMPUTE THE SURFACE AREA OF BROILER CHICKENS

ABSTRACT: Surface area (A_s) of poultry is an important input parameter in heat and mass transfer calculation; thus, it was aimed with the present work to develop and to validate an empirical model to estimate the broiler chicken's surface area. Eighty four *Ross* broiler chickens were used in this research, thirty seven male and forty seven female, with body masses during all growth phase. In the laboratory, each randomly selected chicken had its dimensions (length, width and height) and body mass evaluated. The chicken skin with feathers was taken off to determine A_s . Portion of the data was used to fit the equation to estimate the surface area and another portion was used to validate it. Results showed that the empirical equation to determine A_s was statically significant ($P < 0.0001$) and it presented a coefficient of determination of 0.9886, being subsequently validated via t test ($P > 0.05$).

KEYWORDS: broiler chicken, surface area, empirical model, image analysis.

INTRODUÇÃO

Dentre os métodos convencionais para determinar a área superficial de animais, podem-se citar o escalpelamento e o uso de moldes à base de gases que são aderidos à superfície do animal para posterior cálculo da área, sendo que ambos exigem o sacrifício da espécie (MITCHELL, 1930). Independentemente do método, é imperativo ressaltar a importância do jejum pré-abate de 8 a 12 horas, para que a quantidade de alimentos no trato gastrointestinal das aves não comprometa os resultados (MENDES, 2001).

MITCHELL (1930) desenvolveu modelo empírico [eq.(1)] para cálculo da área superficial de frangos e frangas da linhagem *White Leghorn* com massas corporais variando de 109 g a 2.142 g, com base em dados obtidos por meio do uso de moldes à base de gases. Segundo o autor, a eq.(1), aparentemente, não pode ser melhorada pela introdução de um fator que define condição de nutrição dos animais.

¹ UEMG/FEP, Av. Juca Stockler, 1130, Passos- MG, Fone: (0XX35) 9805.1669, eberson_s@yahoo.com.br

² UFLA, Câmpus Universitário, Caixa Postal 3037, Lavras - MG, Fone: (0XX35) 3829.1374, yanagi@ufla.br

Recebido pelo Conselho Editorial em: 14-12-2007

Aprovado pelo Conselho Editorial em: 16-2-2009

$$A_{s(\text{aves})} = 8,19 M_{c,\text{aves}}^{0,705} \quad (1)$$

em que,

$A_{s(\text{animal})}$ - área superficial de um animal específico, cm^2 , e

$M_{c,\text{animal}}$ - massa corporal de um animal específico, g.

LEIGHTON & SIEGIL (1966), citados por CIGR (1999), ajustaram a eq.(2) para galinhas, em que A_s e M_c estão em cm^2 e kg, respectivamente.

$$A_{s(\text{galinhas})} = 0,10 M_{c,\text{galinhas}}^{0,667} \quad (2)$$

O melhoramento genético ao longo dos anos tem buscado obter aves mais pesadas, com maiores ganhos de pesos diários, melhor conversão alimentar e maiores deposições de carne na carcaça, melhorando assim o rendimento, e tendo como consequência, menor tempo de abate. Devido ao melhoramento genético, as equações ajustadas perdem a sua eficiência, havendo a necessidade de ajustar novas equações para as linhagens existentes atualmente ou até mesmo propor novas metodologias para que se possa melhorar a precisão na determinação da área superficial das aves.

Nesse contexto, a determinação da área superficial de frangos de corte é de extrema importância para o cálculo das transferências de calor e de massa entre as aves e o ambiente ao seu redor, permitindo, assim, o dimensionamento de sistemas de ventilação e resfriamento evaporativo, bem como inferir sobre o manejo das aves por meio da predição, por exemplo, da quantidade de calor e/ou umidade produzida pelas aves (YANAGI JÚNIOR, 2002; AERTS et al., 2003) e da predição do aumento da temperatura corporal desses animais (YANAGI JÚNIOR et al., 2001). Diversos modelos já foram desenvolvidos visando à predição da transferência de calor entre o animal e o ambiente ao seu redor (WATHEN et al., 1971; MITCHELL, 1976; MAHONEY & KING, 1977; McARTUR, 1991).

SIMMONS & LOTT (1996) afirmam que, com relação à ambiência, o interesse específico é a quantificação do estresse térmico ao qual a ave está sujeita, propiciando, assim, que as predições possam dar suporte à tomada de decisão por parte do produtor ou podendo, ainda, ser implementada em controladores de sistemas de aquecimento ou arrefecimento em granjas comerciais. MEDEIROS (1997) propôs modelo para predizer a transferência de calor e/ou massa, visando a estudar as condições de conforto térmico no interior de instalações agrícolas. SEVERO et al. (2003) desenvolveram programa computacional para a predição do ambiente térmico no interior de galpões abertos por meio do índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU), auxiliando o produtor no ajuste do manejo do sistema de arrefecimento, propiciando estudar diversos cenários de produção.

Com base no exposto, o presente trabalho teve o objetivo de desenvolver e validar modelo matemático empírico para o cálculo da área superficial de frangos de corte.

MATERIAL E MÉTODOS

Aves da linhagem Ross foram obtidas em granjas comerciais de criação de frangos de corte pertencentes a uma integradora localizada na região de Barbacena - MG, totalizando 84 aves. As aves, machos e fêmeas, foram capturadas em diversos galpões gerenciados pela integradora, abrangendo toda a fase de criação de 1 a 42 dias de idade, sendo um grupo por semana de criação (1 a 7 semanas).

O experimento foi conduzido no setor de Construções e Ambiência do Departamento de Engenharia (DEG) e no setor de Produção Animal do Departamento de Zootecnia (DZO) da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Parte das aves, com idade inferior a três semanas, foi transportada e alojada no setor de Construções e Ambiência, e o restante alojado em galpão

experimental situado no Setor de Produção Animal do DZO. Durante o período de espera para a realização dos testes, as aves receberam ração balanceada e água *ad libitum*.

Determinação da área superficial

Para a determinação da área superficial de frangos de corte pelo método convencional, cada ave foi selecionada aleatoriamente por faixa etária, sendo submetida a jejum de 8 a 12 horas para que a alimentação contida no trato digestivo não influenciasse em sua massa corporal (MENDES, 2001; DENADAI et al., 2002). Após o jejum, a massa corporal da ave foi medida por meio de balança digital, com precisão $\pm 0,05$ g, sendo a ave sacrificada por destroncamento cervical, e sua pele com penas, retirada por meio de bisturi cirúrgico.

Posteriormente, a pele da ave com penas foi alocada sobre uma placa de compensado com dimensões de 1 m de largura e 1 m de comprimento, resultando em área total de 1 m^2 . A placa foi forrada com couro sintético preto para criar contraste entre o plano de fundo e a pele da ave, sendo a mesma afixada com alfinetes, bem como a pele das patas e das pernas. Ao seu lado, colocaram-se régua que serviram de referência na calibração das imagens digitais, sendo dispostas de forma perpendicular para detectar alguma distorção entre os eixos horizontal e vertical. Diversas imagens foram capturadas por meio da vista superior. As imagens digitais foram obtidas por meio de câmera digital com resolução máxima de 5.2 *Mega pixels* e *zoom* digital de três vezes, sendo importadas ao programa Autocad® 2006 (AUTODESK, 2005) para o cálculo da área superficial. O ajuste da imagem para escala 1:1, na unidade centímetros, foi realizado por meio do comando *SCALE*, e a área foi determinada pelo comando *AREA*.

Ajuste e validação do modelo empírico para o cálculo da área superficial e análises estatísticas

Para o ajuste do modelo empírico, utilizaram-se 44 aves, machos e fêmeas, distribuídos por faixa de peso sobre toda a fase de criação. Com base nos pares de dados de massa corporal e área superficial ou área de uma única pata e perna das aves, ajustaram-se modelos empíricos por meio da sub-rotina PROC REG do SAS® (SAS, 2001). A significância dos modelos e de cada coeficiente das equações foi avaliada pelos testes F e t, respectivamente. Para a validação, os resultados dos modelos empíricos foram comparados aos valores das áreas superficiais medidos por meio do teste t.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio de análise estatística preliminar, verificou-se que não existe diferença estatística significativa entre as áreas superficiais determinadas para frangos machos e fêmeas de corte (teste t, $P = 0,1938$). Dessa forma, apenas uma equação para a determinação da área superficial, em função da massa corporal da ave, foi ajustada [eq.(3)], resultando em valor de coeficiente de determinação (r^2) de 0,9886. Os valores antecidos do sinal positivo/negativo (\pm) correspondem aos erros-padrão de cada coeficiente ajustado. A equação ajustada é estatisticamente significativa (teste F, $P < 0,0001$), proporcionando erro médio de $6,34 \pm 5,13 \text{ cm}^2$. Na Figura 1, ilustra-se o comportamento da área superficial medida e estimada pela eq.(3), na qual se pode observar a boa concordância entre essas áreas. Conforme citado anteriormente, a eq.(3) pode ser acoplada a modelos de transferência de calor e massa, como aqueles propostos por YANAGI JÚNIOR (2002).

$$A_s = 3,86 \pm 1,06 M_c^{0,74 \pm 0,01} \quad (3)$$

Conforme ilustrado na Figura 2, verifica-se que a estimativa da área superficial pelo modelo proposto é inferior aos demais modelos, e a diferença aumenta com o aumento da massa corporal da ave. Uma das hipóteses referentes a esse comportamento deve-se às diferenças na estrutura física devido à evolução genética ou à própria linhagem usada nas avaliações e às diferenças relativas às metodologias empregadas para a determinação da área superficial. Dentre as diferenças devido à estrutura física, podem-se citar principalmente os tamanhos da barbel e da crista e a quantidade e a distribuição de penas.

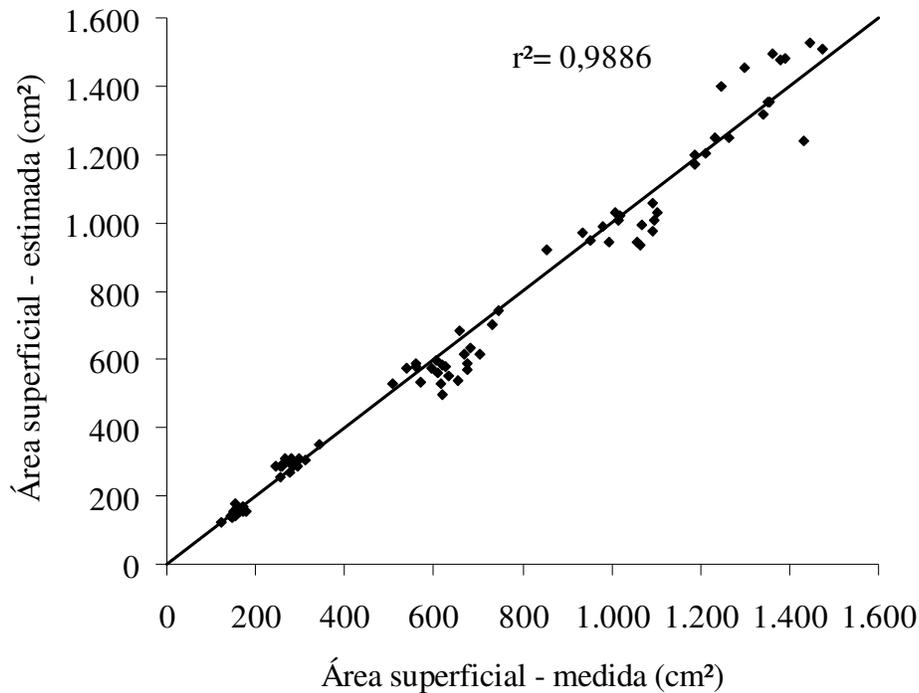


FIGURA 1. Comportamento da área superficial medida e estimada pela eq.(2). **Profile of surfaces areas measured and estimated through eq.(2).**

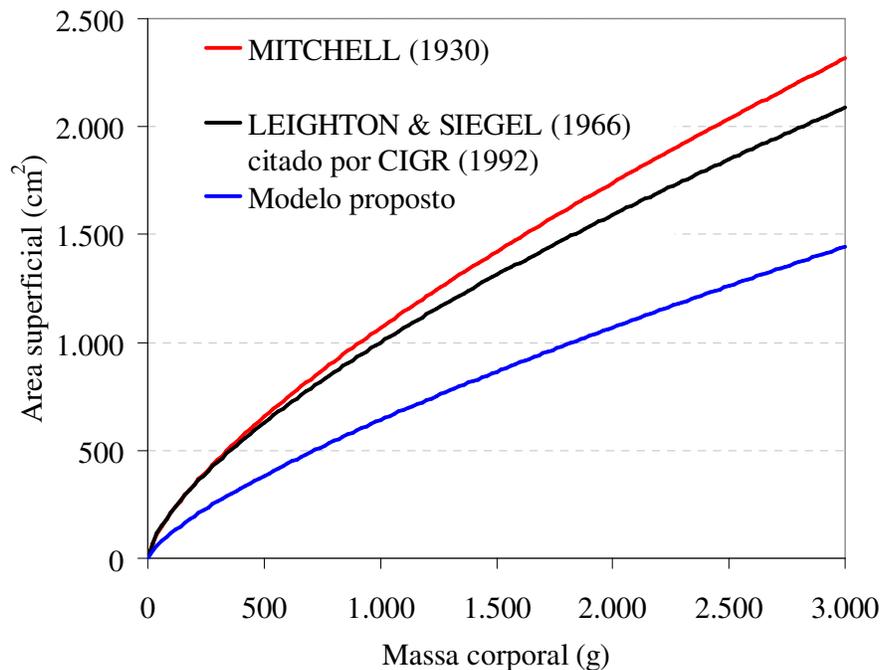


FIGURA 2. Área superficial estimada por meio de equações propostas por três autores e pela eq.(3), do presente trabalho. **Surface areas estimated through equations proposed by three authors and through eq.(3) of this work.**

Uma equação empírica para estimar a área superficial de uma única pata e perna de um frango de corte [eq.(4)] foi ajustada, motivada pela importância comercial da pele como matéria-prima na indústria na produção de roupas e acessórios (TINÔCO et al., 2003; BRASIL ALIMENTOS, 2007). A equação ajustada foi estatisticamente significativa (teste F, $P < 0,0001$), com r^2 igual a 0,9729.

Devido ao tamanho de cristas e de barbelas das aves utilizadas neste trabalho serem pequenas e não desenvolvidas, o cálculo da área da mesma foi desprezível.

$$A_{pp} = 0,42 \pm 1,09 M_c^{0,69 \pm 0,01} \quad (4)$$

em que,

A_{pp} - área superficial de uma única pata e perna, cm^2 .

Na Figura 3, ilustra-se o comportamento das áreas superficiais de patas e pernas de aves medidas e estimadas pela eq.(3), resultando em erro médio de $10,28 \pm 7,53 \text{ cm}^2$.

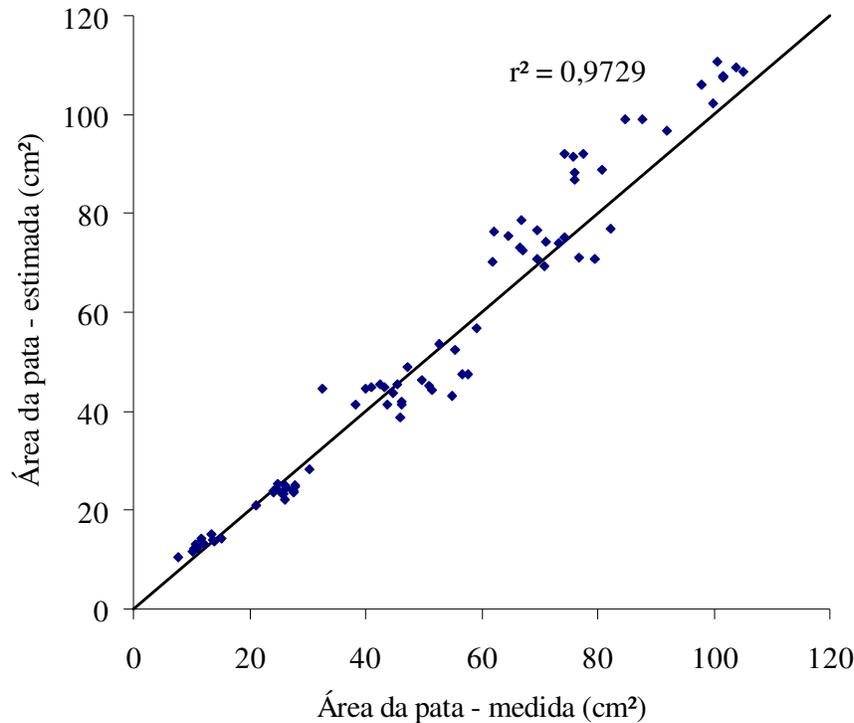


FIGURA 3. Comportamento das áreas superficiais medidas e estimadas pela eq.(3) de uma única pata e perna de uma ave de corte. **Profile of surface areas measured and estimated by the equation 3 of a single foot and leg of a broiler chicken.**

Dentre os tipos de couro utilizados como subproduto, destaca-se a pele de peixe, que vem sendo processada visando ao elevado valor econômico com o processo de curtimento e pela sua resistência à tração (SOUZA, 2004; SOUZA et al., 2006). O couro das patas de avestruz já tem sido comercializado, dependendo do estado e da qualidade do produto (UFV, 2007). Dessa forma, a eq.(4) pode auxiliar na definição da quantidade de frangos de corte necessários, em função de sua massa corporal, para confeccionar determinado produto, utilizando o couro de suas patas e pernas.

CONCLUSÕES

As equações empíricas ajustadas para a determinação da área superficial e de uma única pata e perna de frangos de corte foram estatisticamente significativas e apresentaram valores de coeficientes de determinação de 0,9886 e 0,9729, respectivamente.

O método usado para a obtenção da área superficial das aves e da área de uma única pata e perna é adequado e viável de ser aplicado a frangos de corte.

AGRADECIMENTOS

À FAPEMIG, à CAPES e ao CNPq, pelo apoio à pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AERTS, M.; WATHES, C.M.; BERCKMANS, D. Dynamic data-based modelling of heat production and growth of broiler chickens: development of an integrated management system. *Biosystems Engineering*, San Diego, v.84, n.3, p.257-66, 2003.
- AUTODESK. *Autodesk inventor series: getting started*. San Rafael: Autodesk, v.10, 2005. 286 p.
- BRASIL ALIMENTOS. Pele de frango pode ir às passarelas. Disponível em: www.signuseditora.com.br/ba/pdf/02/02%20-%20Movimento.pdf. Acesso em: 6 dez. 2007.
- CIGR. *CIGR handbook of agricultural engineering: animal production & aquacultural engineering*. vSt. Joseph: ASAE, 1999. v.2, 359 p.
- DENADAI, J.C.; MENDES, A.A.; GARCIA, R.G.; ALMEIDA, I.C.L.; MOREIRA, J.; TAKITA, T.S.; PAVAN, A.C.; GARCIA, E.A. Efeito da duração do período de jejum pré-abate sobre rendimento de carcaça e a qualidade da carne do peito de frangos de corte. *Revista Brasileira de Ciências Avícolas*, Campinas, v.4, n.2, p.101-109, 2002.
- MAHONEY, S.A.; KING, J.R. The use of the equivalent black-body temperature in the thermal energetic of small birds. *Journal of Thermal Biology*, Oxford, v.2, n.3, p.115-20, 1977.
- McARTHUR, A.J. Metabolism of homeotherms in the cold and estimation of thermal insulation. *Journal of Thermal Biology*, Oxford, v.16, n.3, p.149-55, 1991.
- MEDEIROS, C.M. *Desenvolvimento e aplicação de modelo para simulação e desempenho de galinhas poedeiras e frangos de corte com uso de resfriamento evaporativo*. 1997. 88 f. Tese (Mestrado em Construções Rurais e Ambientação) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 1997.
- MENDES, A.A. Jejum pré-abate em frangos de corte. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, Campinas, v.3, n.3, p.4-6, 2001.
- MITCHELL, H.H. The surface area of single comb white leghorn chickens. *Journal of Nutrition*, v.2, n.5. p.443-9, 1930.
- MITCHELL, J.W. Heat transfer from spheres and other animal forms. *Biophysical Journal*, Bethesda, v.16, n.6, p.561-9, 1976.
- SAS. *User's Guide* (Release 8.2). Cary: Statistical Analysis System Institute, 2001.
- SEVERO, J.C.A.; YANAGI JÚNIOR, T.; SANTOS, S.N.M.; BORGES, G.; TEIXEIRA, V.H. Desenvolvimento de um *software* para predição do ambiente térmico no interior de galpões agropecuários. *Revista Brasileira de Agroinformática*, São Paulo, v.5, n.2, p.59-72, 2003.
- SIMMONS, J.D.; LOTT, B.D. Evaporative cooling performance resulting from changes in water temperature. *Applied Engineering in Agriculture*, St. Joseph, v.12, n.4, p.497-500, 1996.
- SOUZA, M.L.R. *Tecnologia para processamento das peles de peixe*. Maringá: Eduem, 2004. 59 p. (Coleção Fundamentum, 11)
- SOUZA, M.L.R.; CASACA, J.M.; NAKAGHI, S.O.; FRANCO, N.P.; SILVA, L.O.; DOURADO, D.M.; VIEGAS, E.M.M. Efeito da técnica de curtimento e do método utilizado para remoção da pele da tilápia-do-nilo sobre as características de resistência do couro. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.35, n.4, p.1273-1280, 2006.

TINÔCO, A.L.A.; TOLEDO, T.O.; TINÔCO, I.F.F.; GATES, R.S.; XIN, H. *A challenge for industry - to transform chicken skin into leather to benefit food safety and human health*. St. Joseph: ASAE, 2003. (ASAE Paper, 036185).

UFV. UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. *Industrialização do couro já é realidade*. Disponível em:

http://www.uov.com.br/biblioteca/41/industrializacao_do_couro_ja_e_realidade.html. Acesso em: 12 dez. 2007.

WATHEN, P.; MITCHELL, J.W.; PORTER, W.P. Theoretical and experimental studies of energy exchange from Jackrabbit ears and cylindrical shaped appendages. *Biophysical Journal*, Bethesda, v.2, n.12, p.10-47, 1971.

YANAGI JÚNIOR, T. *Partial surface wetting to relieve acute thermal stress of laying hens*. 2002. 93 f. Tese (Doutorado em Construções Rurais e Ambiência) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2002.

YANAGI JÚNIOR, T.; XIN, H.; GATES, R.S. *Thermal discomfort index for laying hens*. St. Joseph: ASAE, 2001. 13 p. (ASAE Paper, 01-4064)