

ACCEPTED MANUSCRIPT

Avaliação da temperatura corporal de frangos de corte usando imagens termográficas

Karina Rosalen, Nerandi Luiz Camerini, Hugo Von Linsingen Piazzetta, Diego Azevedo Mota, Thiago Vasconcelos Melo



Referência: v.24, n.1, p.16-21, 2022.

A ser publicado em: Revista Científica de Produção Animal

Favor citar este artigo como: Rosalen, K., Camerini, N. L., Piazzetta, H. V. L., Mota, D. A., Melo, T. V., Avaliação da temperatura corporal de frangos de corte usando imagens termográficas. Revista Científica de Produção Animal, v.24, p.16-21, 2022.

Este é um arquivo PDF de um manuscrito não editado que foi aceito para publicação. Como um serviço aos nossos clientes, estamos fornecendo esta versão preliminar do manuscrito. O manuscrito passará por edição, composição e revisão antes de ser publicado em sua forma final. Observe que, durante o processo de produção, podem ser encontrados erros que podem afetar o conteúdo, e todas as isenções de responsabilidade legais aplicáveis à revista são válidas.

Avaliação da temperatura corporal de frangos de corte usando imagens termográficas

Karina Rosalen¹
Nerandi Luiz Camerini²
Hugo Von Linsingen Piazzetta³
Diego Azevedo Mota⁴
Thiago Vasconcelos Melo⁵

¹ Universidade Federal da Fronteira Sul. Erechim - RS, Brasil.

² Universidade Federal da Fronteira Sul. Erechim - RS, Brasil.

³ Universidade Federal da Fronteira Sul. Erechim - RS, Brasil.

⁴ Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Unai - MG, Brasil.

⁵ Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Unai - MG, Brasil.

RESUMO

A avicultura de corte é uma das atividades de grande destaque na economia brasileira. Nos últimos anos, gerou um faturamento anual de US \$ 20bi, com 3,56 milhões de empregos, como resultado da colocação de 50,04 (milhões de cabeças) de matrizes de corte nos últimos anos. Mais de 70% da produção de frangos de corte ainda está localizada nos três estados do Sul do Brasil, tais como Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Um dos desafios presentes, é a dificuldade de adaptar as instalações para reduzir o estresse térmico induzido pelas condições climáticas do meio ambiente. Objetivou-se com este trabalho avaliar as condições de conforto térmico de frangos de corte no Estado do Rio Grande do Sul, avaliando a temperatura de superfície de frangos de corte pelo método de termografia infravermelha e monitorando o ambiente de instalações internas baseado no THI (Temperature and Humidity Index). Observou-se que a temperatura da superfície das aves calibradas com câmeras termográficas não diferiu estatisticamente ($P < 0,05$) quando comparada com as equações realizadas. Assim, pode-se concluir que imagens termográficas são alternativas para analisar o conforto térmico de frangos de corte.

Palavras-chave: análise de imagens, aves domésticas, conforto térmico

Broilers surface temperature evaluation using thermographic images

ABSTRACT

Broiler breeding is one of the activities of great importance in the Brazilian economy. It generated an annual turnover of 20 billion US\$, with 3.56 million jobs, due to the placement of 50.04 (millions of heads) of broiler breeders in recent years. More than 70% of broiler production is still located in the southern states, such as Parana, Santa Catarina and Rio Grande do Sul. One of the challenges is the difficulty of adapting facilities to reduce thermal stress induced by the climatic conditions of the environment. The purpose of this study was to evaluate the thermal comfort conditions of broiler facilities located in Rio Grande do Sul State, through the evaluation of broiler surface temperature by infrared thermography method and monitoring the internal environment of facilities based on THI (Temperature and Humidity Index) through Portable Data Logger. It was observed that the surface temperature of broilers calibrated with thermal cameras did not differ statistically from the equations already developed. Thus, thermal images and thermographic images are alternatives to analyse the thermal comfort of broiler facilities.

Key words: image analysis, poultry, thermal comfort

INTRODUÇÃO

A avicultura brasileira tem investido constantemente em novas tecnologias e sempre foi diferenciada de outros países produtores pela tipologia dos aviários, mas apesar desta característica, por se tratar de um país de clima tropical, ainda hoje, apresenta algumas dificuldades quanto à construção dos galpões e o conforto térmico dos animais (Silva e Vieira, 2010; Abreu e Abreu, 2011; Fernandes, 2017). Um dos grandes desafios encontrados na atividade, é controlar o ambiente interno das instalações. A grande maioria não tem capacidade de manter o microambiente em níveis ideais, de modo que, os efeitos ambientais que atuam sobre as aves sejam diminuídos (Oliveira e Gai, 2016).

Para superar esse desafio, as instalações devem ser construídas com o objetivo de manter temperatura, umidade e velocidade do ar em limites ideais de acordo com



as exigências do animal. O manejo adequado desses fatores impede que o calor externo interfira nas condições internas, do mesmo modo, impede que o calor produzido dentro da instalação fique armazenado (Tinoco, 2001; Staub et al., 2016). Considerando que a temperatura interna das aves oscila entre 40 - 41°C, Ferreira, (2005) descreve que a temperatura das instalações indicada para os frangos de corte deve estar entre 15 e 28°C, sendo que na fase inicial as aves são bastante sensíveis as baixas temperaturas, portanto, 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% (Schiassi et al., 2015).

A temperatura do ar pode ocasionar graves problemas ao conforto térmico das aves, visto que, o desempenho produtivo está diretamente relacionado aos efeitos climáticos e ao calor produzido pelos animais (Fernandes, 2017).

Sendo assim, as aves devem ser mantidas em ambientes termoneutros para garantir maior conversão alimentar e, conseqüentemente, maior peso final, visto que, o sucesso da produção depende da redução dos efeitos climáticos indesejáveis sobre as aves. (Jacomé et al., 2007; Dalólio et al., 2016).

Frete aos desafios provocados pelas condições do ambiente onde as aves estão alojadas, 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 propicia conforto térmico aos animais (Lopes et al., 2015).

Assim como a implantação de novas tecnologias nas construções dos galpões devem seguir boas práticas de produção, torna-se imprescindível, observar as exigências ambientais, de biossegurança e de bem-estar animal (Abreu e Abreu, 2011; Nascimento et al., 2011).

Para assegurar o conforto térmico dos animais, algumas ferramentas estão sendo utilizadas para auxiliar no processo, dentre elas, a utilização de câmeras termográficas (Nascimento 2014). A análise por meio de imagens termográficas, surgiu como uma técnica de mapeamento, que permite conhecer a distribuição da temperatura superficial das aves, além de ser uma forma de medição não invasiva, que propicia também a estimativa de perda de calor (Nascimento et al., 2011, Roberto e Souza, 2014; Ávalo, 2014).

A técnica tem grande importância no cálculo das transferências de calor e de massa entre as aves e o ambiente ao seu redor, para o dimensionamento de sistemas de ventilação e resfriamento evaporativo, tal como a inferência sobre o manejo das aves (Aerts et al., 2003; Yahav et al., 2004).

O objetivo desta pesquisa foi avaliar as condições de conforto térmico das instalações localizadas no Rio Grande do Sul, através da medição da temperatura superficial das aves pelo método de termografia infravermelha, monitorar o ambiente interno das instalações com base no ITU (Índice de Temperatura e Umidade) e comparar as duas metodologias, visando validar a metodologia para as instalações desta região.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em dois galpões localizados na região geográfica do Alto Uruguai Gaúcho, às margens da RS 135 km 75, próximo ao campus da Universidade Federal da Fronteira Sul, situada geograficamente a S: 27°43'28,8", W: 52°17'08,1".

Os galpões foram nomeados como "galpão 1" e galpão 2", sendo que no galpão 1 foram alojadas apenas fêmeas, e no galpão 2, os machos. A estrutura de ambos, continha 135,15 metros de comprimento, 2,01 metros de altura até o forro,

12,87 metros de largura a partir da parede interna e 2,67 metros de pé direito.

A ventilação do ambiente ocorria de forma convencional, através da entrada de ar natural e auxílio de ventiladores. Do mesmo modo, o aquecimento do ambiente era realizado com a queima de lenha em fornos espalhados pelo galpão.

Semanalmente, nove aves eram selecionadas de forma aleatória para a análise da temperatura superficial as 12:00. As imagens termográficas coletadas pela câmera foram analisadas e a TSM (temperatura superficial média) de cada ave calculada com o auxílio de um programa computacional. Os resultados obtidos por meio das imagens termográficas foram comparados com as equações propostas por Richards (1971) e Dahlke et al. (2005) citadas por Nascimento et al., (2014) através do teste de t-Student, com 95% de confiança. As temperaturas superficiais de cada parte do corpo das aves foram medidas nas próprias imagens termográficas, conforme método proposto por Nääs et al. (2010) (Figura 1).

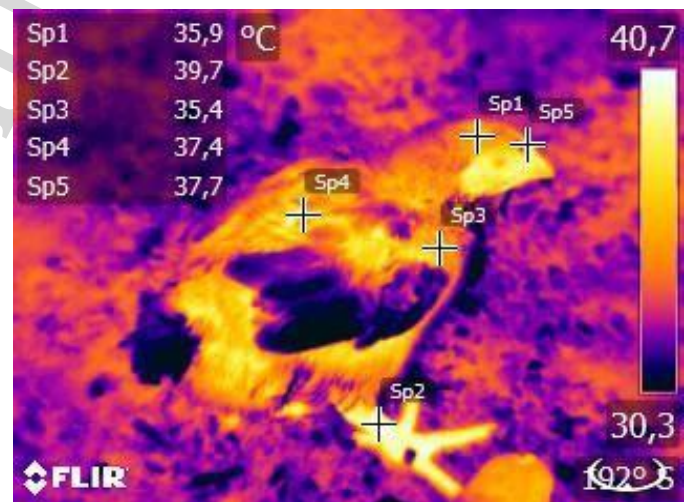


Figura 1. Imagem termográfica coletada pela câmera, ilustrando as temperaturas superficiais de cada parte do corpo da ave, conforme método proposto por Nääs et al. (2010).

Após as comparações com as equações citadas acima, a TSM foi avaliada de acordo com a idade das aves pelo teste-F. O monitoramento interno das condições climáticas dos aviários foi efetuado por meio da instalação de três Data Logger em cada um dos galpões. Estes aparelhos são programados para coleta da temperatura e umidade relativa do ar a cada 30min, os dados obtidos foram analisados através da equação de ITU (Índice de Temperatura e Umidade) e comparados de acordo com a idade.

Equações utilizadas:

Eq. 1 - (RICHARDS)

$$TSM = (0,12TA) + (0,03TCA) + (0,15TP) + (0,70TD)$$

Eq. 2 - (DAHLKE)

$$TMS = (0,03TC) + (0,70TD) + (0,12TA) + (0,06TCA) + (0,09TP)$$

em que:

TSM - Temperatura superficial média (°C); TA - Temperatura da asa (°C); TCA - Temperatura da cabeça (°C); TP - Temperatura das pernas (°C); TD - Temperatura do dorso (°C); TC - Temperatura da crista (°C).

Eq. 3 - ÍNDICE DE TEMPERATURA E UMIDADE:
Equação proposta por Bunffington (1997):

$$ITU = 0,8Tbs + \frac{UR(Tbs - 14,3)}{100} + 46,3$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com as análises realizadas, observa-se que a temperatura média superficial do primeiro lote de fêmeas no galpão 1, obtida pelas imagens termográficas (IT), não diferiu estatisticamente pelo teste de *t-Student*, quando comparada com as equações propostas por Richards (1971) e Dalhke et al. (2005). Obteve-se nas duas comparações, alta correlação positiva de 0,975 e 0,982, respectivamente (Tabela 1). Do mesmo modo, a temperatura média superficial do primeiro lote de machos no galpão 2 não diferiu estatisticamente ($P > 0,05$) das equações de Richards (1971) e Dalhke et al. (2005), apresentando alta correlação positiva de 0,998 em ambas comparações (Tabela 2).

Tabela 1. Teste *t-Student* e correlação de Pearson entre a medida da TSM obtida nas imagens termográficas e as estimativas de TSM calculadas a partir das Eq. 1 e Eq. 2, no primeiro lote de fêmeas do galpão 1.

	Média	Valor-P	Correlação de Pearson
Imagem Termográfica (IT) DALHKE (2005)	35,48 35,00	0,828	0,975
Imagem Termográfica (IT) RICHARDS (1971)	35,48 35,05		

Tabela 2. Teste *t-Student* e correlação de Pearson entre a medida da TSM obtida nas imagens termográficas e as estimativas de TSM calculadas a partir das Eq. 1 e Eq. 2, no primeiro lote de machos do galpão 2.

	Média	Valor-P	Correlação de Pearson
Imagem Termográfica (IT) DALHKE (2005)	34,95 34,31	0,695	0,998
Imagem Termográfica (IT) RICHARDS (1971)	34,95 34,56		

Tabela 3. Teste *t-Student* e correlação de Pearson entre a medida da TSM obtida nas imagens termográficas e as estimativas de TSM calculadas a partir das Eq. 1 e Eq. 2, no segundo lote de fêmeas do galpão 1.

	Média	Valor-P	Correlação de Pearson
Imagem Termográfica (IT) DALHKE (2005)	29,90 29,13	0,067	0,986
Imagem Termográfica (IT) RICHARDS (1971)	29,90 29,41		

Tabela 4. Teste *t-Student* e correlação de Pearson entre a medida da TSM obtida nas imagens termográficas e as estimativas de TSM calculadas a partir das Eq. 1 e Eq. 2, no segundo lote de machos do galpão 2.

	Média	Valor-P	Correlação de Pearson
Imagem Termográfica (IT) DALHKE (2005)	30,76 30,00	0,062	0,997
Imagem Termográfica (IT) RICHARDS (1971)	30,76 30,28		

Tabela 5. Valores de conforto de temperatura, umidade relativa do ar e do índice de temperatura e umidade (ITU), em função da idade das aves.

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

Fonte: Abreu & Abreu (2001).

O mesmo ocorreu no segundo lote avaliado, no qual não apresentou diferença estatística em nenhuma das comparações realizadas, e manteve-se com alta correlação positiva de 0,986 e 0,985 (Tabela 3). Ainda, não se observa diferenças estatísticas ($P > 0,05$) na segunda avaliação feita no galpão 2 em relação às equações, mantendo-se com alta correlação positiva de 0,997 nas duas comparações (Tabela 4). Demonstrando assim um alto grau de afinidade e confiança entre os três testes avaliados.

As comparações realizadas entre as equações (Richards, 1971; Dahlke et al., 2005) e a medida da TSM através das imagens termográficas (IT) não apresentaram diferença estatística ($P > 0,05$) em relação a idade das aves em nenhum dos lotes avaliados (Figura 2; 3; 4; 5), corroborando com os resultados obtidos nas Tabelas 1; 2; 3 e 4.

Observa-se que as maiores temperaturas foram registradas nas primeiras três semanas de vida (Figura 2; 3; 4; 5), pois na fase inicial as aves possuem um alto metabolismo, e de acordo com Abreu (2009), as aves mais novas demandam mais calor e a temperatura ideal fica aproximadamente entre 35° e 29°C (Tabela 5).

Abreu (2009) ressalta que, o sistema termorregulador da ave se desenvolve à medida que ela cresce, reduzindo a temperatura, como se pode observar nas últimas semanas de vida (Figura 2; 3; 4; 5). Ou seja, na fase inicial, o sistema termorregulador das aves ainda é imaturo e tem dificuldade para manter sua homeotermia, e vai se desenvolvendo ao longo das semanas.

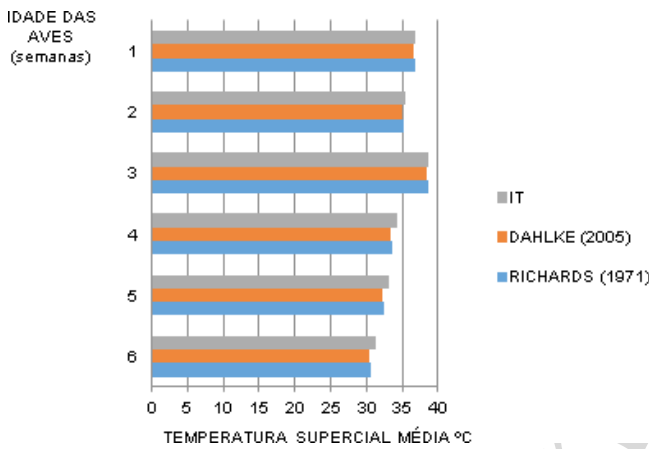


Figura 2. Variação da estimativa da temperatura superficial das aves por imagem termográfica infravermelha (IT), e pelas equações de Dahlke et al. (2005) e Richards (1971), em relação à idade das aves no primeiro lote de fêmeas do galpão 1.

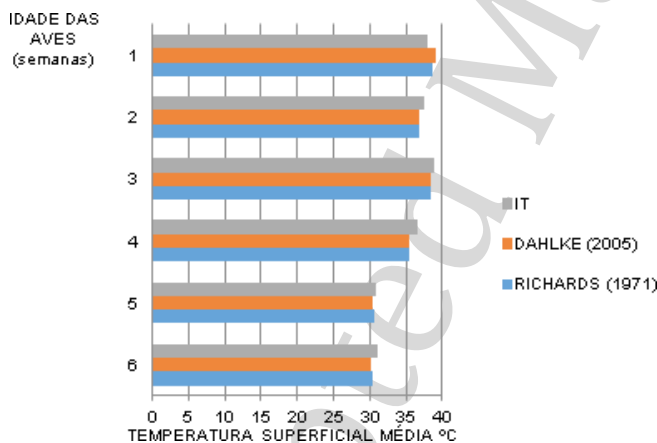


Figura 3. Variação da estimativa da temperatura superficial das aves por imagem termográfica infravermelha (IT), e pelas equações de Dahlke et al. (2005) e Richards (1971), em relação à idade das aves no primeiro lote de machos do galpão 2.

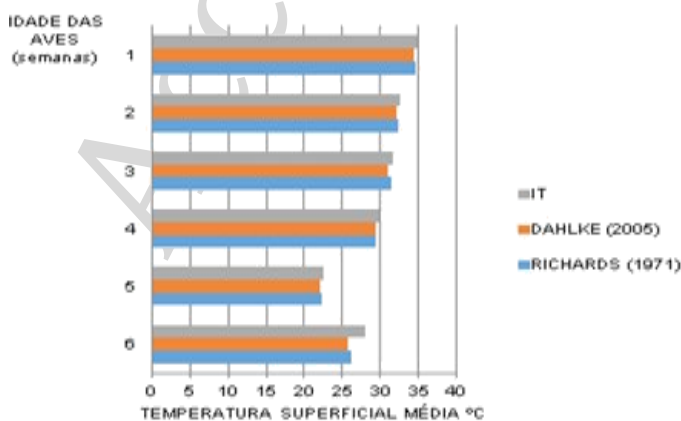


Figura 4. Variação da estimativa da temperatura superficial das aves por imagem termográfica infravermelha (IT), e pelas equações de Dahlke et al. (2005) e Richards (1971), em relação à idade das aves no segundo lote do galpão 1.

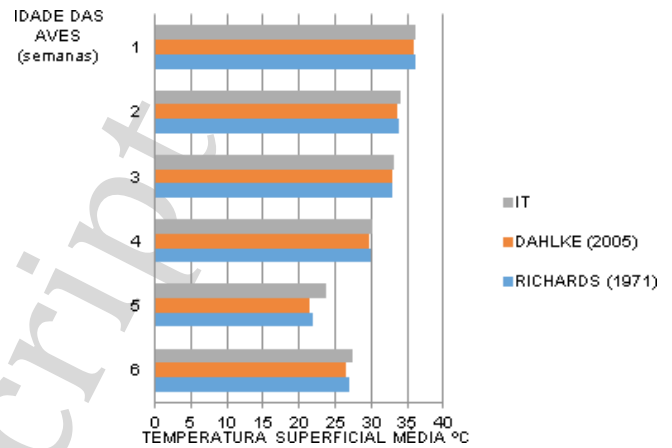


Figura 5. Variação da estimativa da temperatura superficial das aves por imagem termográfica infravermelha (IT), e pelas equações de Dahlke et al. (2005) e Richards (1971), em relação à idade das aves no segundo lote do galpão 2.

Para análise da temperatura interna do ambiente, os dados obtidos através da equação do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) foram comparados com os valores sugeridos por Abreu e Abreu (2001) (Tabela 5) de acordo com a idade das aves (Figuras 6; 7; 8; 9).

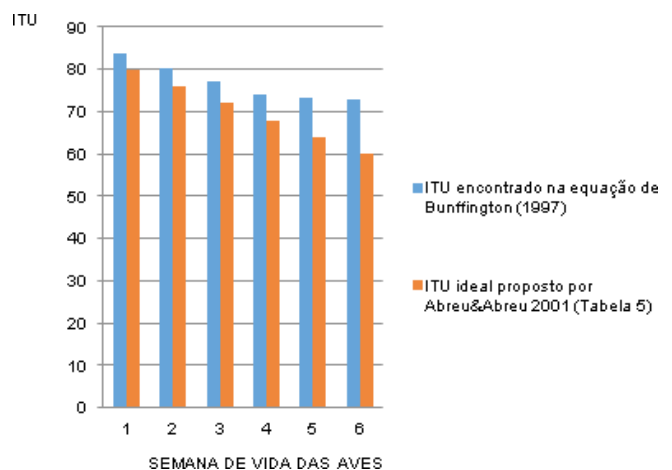


Figura 6. Valores do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) encontrados na equação de Bunffington (1997) e valores ideais propostos por Abreu e Abreu (2001) em relação a idade das aves no primeiro lote de fêmeas do galpão 1.

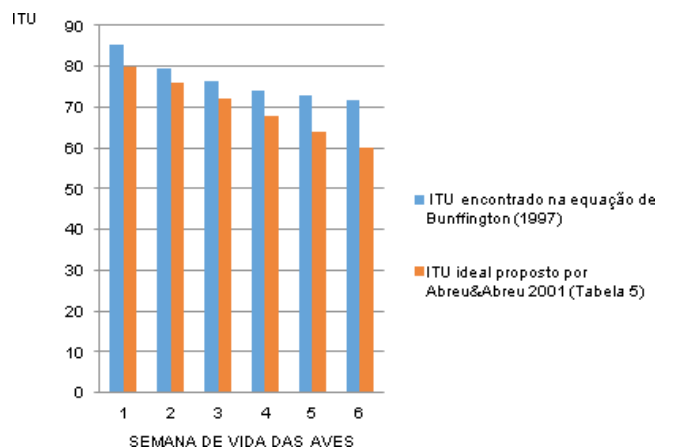


Figura 7. Valores do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) encontrados na equação de Bunffington (1997) e valores ideais propostos por Abreu e Abreu (2001) em relação a idade das aves no primeiro lote de machos do galpão 2.

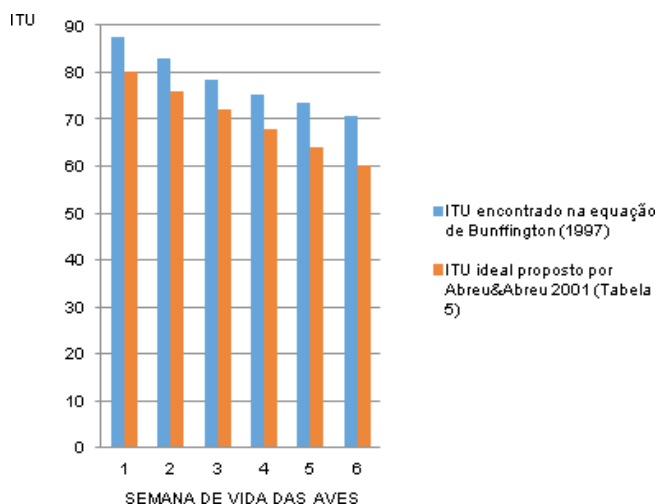


Figura 8. Valores do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) encontrados na equação de Bunffington (1997) e valores ideais propostos por Abreu e Abreu (2001) em relação a idade das aves no segundo lote do galpão 1.

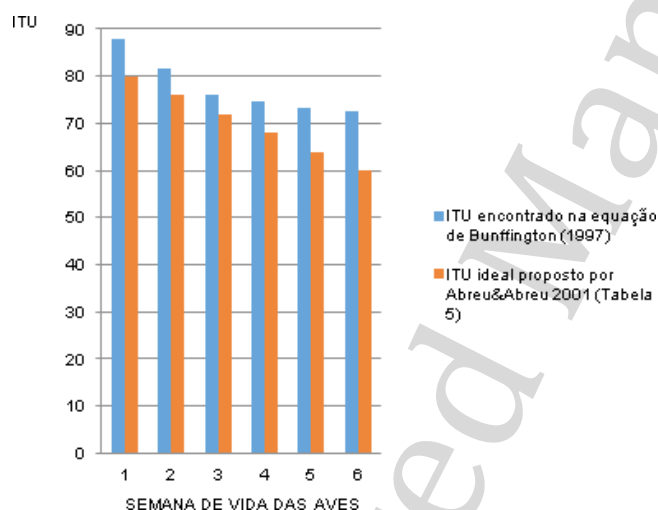


Figura 9. Valores do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) encontrados na equação de Bunffington (1997) e valores ideais propostos por Abreu e Abreu (2001) em relação a idade das aves no segundo lote do galpão 2.

Em todos os quatro lotes, o ITU encontra-se um pouco acima dos valores ideais. Estima-se que o fato tenha ocorrido devido ao nível de umidade relativa que excedeu no decorrer das semanas e de pequenas alterações na temperatura, visto que houve grande oscilação do clima externo nos períodos avaliados. Demonstrando que, na região geográfica do Alto Uruguai Gaúcho, às margens da RS 135 km 75, próximo ao campus da Universidade Federal da Fronteira Sul, situada geograficamente a S: 27°43'28,8", W: 52°17'08,1" durante o período experimental, as aves encontravam-se entre baixo e moderado estresse por calor, e que as medidas adotadas para controle do conforto térmico no interior do galpão foram ineficientes.

CONCLUSÕES

A partir dos resultados analisados, pode-se concluir que a temperatura superficial das aves não difere estatisticamente quando comparada com as variáveis citadas na metodologia. Os valores de ITU proposto por Bunffington (1997), estavam acima do valor considerado ideal por Abreu e Abreu (2001), demonstrando que as aves estavam entre baixo e moderado estresse por calor.

REFERÊNCIAS

- ABREU, V. M. N.; ABREU, P. G. Diagnóstico bioclimático: qual sua importância na produção de aves? *Avic. Ind.*, v.91, n.9, p.16-20, 2001.
- ABREU V.M.N. Manejo inicial e seus reflexos no desempenho do frango. *Embrapa Suínos e Aves. Concórdia*, 2009.
- ABREU V.M.N.; ABREU P.G.de. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. *R. Bras. Zootec. Concórdia*. v.40, n.SE, p.1-14, 2011.
- AERTS, M.; WATHES, C. M.; BERCKMANS, D. Dynamic data-based modeling of heat production and growth of broiler chickens: development of an integrated management system. *Biosystems Engineering*. v.84, n.3, p.257-66, 2003. [https://doi.org/10.1016/S1537-5110\(02\)00285-4](https://doi.org/10.1016/S1537-5110(02)00285-4)
- ÁVALO, H. Estimativa do conforto térmico em aviário de frango usando termografia infravermelha. Dissertação apresentada a Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados, 45p. 2014.
- BUNFFINGTON, D. E.; COLLAZO-ARCOCHO, A.; CANTON, G. H. D.; THATCHER, W. W.; COLLIER, R. J. Black globe-humidity confot index for dairy cows. *St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers*, 1997. 19p.
- DAHLKE, F.; GONZALES, E.; GADELHA, A.C.; MAIORKA, A.; BORGES, S.A.; ROSA, P.S.; FILHO, D.E.F.; FURLAN, R.L. Feathering, triiodothyronine and thyroxine plasma levels and body temperature of two broiler lines raised under different temperatures. *Ciênc. Rural*, v.35, n.3, p.664-670, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782005000300029>.
- DALÓLIO, F. S.; MOREIRA, J.; COELHO, D.J.R; SOUZA, C.F. Caracterização bioclimática de um galpão de criação de frangos de corte na região de Diamantina-MG. *Eng. Agric., Viçosa*, v. 24, Fev 2016.
- FERNANDES, T. Conforto térmico em aviários de frango de corte colonial em diferentes tipologias construtivas. Dissertação apresentada a Universidade de Cuiabá. Cuiabá, 96p. 2017.
- FERREIRA, R.A. Ambiência em construções rurais para aves. In: FERREIRA, R.A. Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos. Viçosa: Aprenda Fácil, 2005. 371p.
- JACOME, I. M. T. D.; FURTADO, D. A.; LEAL, A. F.; SILVA, J. H. V.; MOURA, J. F. P. Avaliação de índices de conforto térmico de instalações para poedeiras no nordeste do Brasil. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, v.11, n.5, p.527- 531, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662007000500013>.
- LOPES, J. C. O.; RIBEIRO, M. N.; LIMA, V. B. D. S. Estresse por calor em frangos de corte. *Nutritime*, v. 12, nov/dez 2015.
- NÃÃS, I. A.; ROMANINI, C. E. B.; NEVES, D. P.; NASCIMENTO, G. R., VERCELLINO, R. A. Broiler surface temperature distribution of 42 day old chickens. *Sci. agric.*, v.67, n.5, p.497-502, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162010000500001>.
- NASCIMENTO, G.R.do. Termografia aplicada à avaliação do ambiente térmico de alojamento e do conforto térmico de frangos de corte. Dissertação apresentada a Universidade Estadual de Campinas, (tese mestrado). Campinas, 79p. 2011.
- NASCIMENTO, G.R.; NÃÃS, I.A.; BARACHO, M.S.; PEREIRA,D.F.; NEVES, D.P. Termografia infravermelho na estimativa de conforto térmico de frangos de corte. *Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.*, v.18, n.6, p.658-663, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662014000600014>.
- OLIVEIRA, L. P. D.; GAI, V. F. Desempenho de frangos de corte em aviários convencionais e aviários dark house. *Cultivando o saber*, v. 9, p. 93-101, jan/mar 2016.
- RICHARDS, S.A. The significance of changes in the temperature of the skin and body core of the chicken in the regulation of heat loss. *J Physiol.*, v.216, n.1, p.1-10, 1971. DOI: 10.1113/jphysiol.1971.sp009505
- ROBERTO, J.V.B.; SOUZA, B.B. Utilização da termografia de infravermelho na medicina veterinária e na produção animal. *J Anim Behav Biometeorol.*, v.2, n.3, p.73-84, 2014. <http://dx.doi.org/10.14269/2318-1265/jabb.v2n3p73-84>

SCHIASSI, L.; JUNIOR, T.Y; FERRAZ, P.F.P; CAMPOS, A.T; SILVA, G.R.E; ABREU, L.H.P. Comportamento de frangos de corte submetidos a diferentes ambientes térmicos. Eng. Agric., Jaboticabal, v. 35, p. 390-396, maio/jun 2015

SILVA, I.J.O.; VIEIRA, F.M.C. Ambiência animal e as perdas produtivas no manejo pré-abate: o caso da avicultura de corte brasileira. Arch. Zootec, v.59, n.R, p.113-131, 2010. [http:// dx.doi.org/10.1590/1678-4162-7872](http://dx.doi.org/10.1590/1678-4162-7872)

TINÔCO, I.F.F. Industrial aviculture: new concepts of materials, conceptions and constructive techniques available for brazilian poultry houses. Rev. Bras. Cienc. Avic., V.3, n.1, p.1-25, 2001. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-635X2001000100001>

YAHAV, S.; STRASCHNOW, A.; LUGER, D.; SHINDER, D.; TANNY, J.; COHEN, S. Ventilation, sensible heat loss, broiler energy, and water balance under harsh environmental conditions. Poult Sci., v.83, n.2, p.253-258, 2004. <http://dx.doi.org/10.1093/ps/83.2.253>

Accepted Manuscript