

PREVISÃO DE CONFORTO TÉRMICO DE FRANGOS DE CORTE UTILIZANDO MINERAÇÃO DE DADOS

PREDICTION OF THERMAL COMFORT OF BROILER USING DATA MINING

G. R. NASCIMENTO¹

I. A. NAAS²

D. F. PEREIRA³

W. M. DUTRA JUNIOR⁴

A. P. A. MAIA²

L. H. ZANETTI⁵

RESUMO

O objetivo da pesquisa foi utilizar técnicas de mineração de dados para comprovar a hipótese a partir da análise das árvores de decisão e medidas interessantes das regras geradas. O experimento foi realizado em dois galpões avícolas, onde foram coletadas fotos termográficas, para montagem da base de dados. Nas fotos do perfil térmico foram coletadas temperaturas superficiais da plumagem e da pele e correlacionadas com índice de temperatura e umidade (ITU). Por meios das árvores de decisões geradas na análise de classificação do conforto térmico das aves a que apresentou a maior precisão total (68%) foi a que utilizou as temperaturas superficiais discretizadas pela média (baixa e alta), na qual a temperatura superficial da plumagem (TSPL) foi o nó raiz. A análise de mineração de dados associado a tecnologia de temperatura superficial infravermelho apresentaram grande potencial de aplicação na caracterização do ambiente e na predição de conforto térmico em frangos de corte.

Palavras-chave: análise de imagens, avicultura, temperatura superficial, termografia.

¹Zootecnista. Professor da Unidade Acadêmica de Garanhuns/UFRPE. Garanhuns/PE.
guilherme@uag.ufrpe.br

²FEAGRI/UNICAMP, Campinas/SP.

³Engenheiro Agrícola. Professor UNESP/Tupã. Tupã/SP.

⁴Zootecnista. Professor UFRPE. Recife/PE.

⁵Zootecnista. Universidade Estadual de Maringá. Maringá/PR.

ABSTRACT

The objective of the research was to use data mining techniques to prove the hypothesis from the analysis of decision trees and interesting measures of the generated rules. The experiment was conducted in two poultry houses where they were taken thermographic pictures weekly. Thermal profiles in the photos were collected and plumage surface temperatures in the skin and correlated with temperature and humidity index (THI). By means of decision trees generated in the classification analysis of thermal comfort of the birds that had the highest total accuracy (68%) was the one that used the discretized by the average surface temperatures (low and high), the surface temperature of plumage (STPL) was the root node. The analysis of data mining combined with technology infrared surface showed great potential for the characterization of the environment and predict thermal comfort in broilers chickens.

Keywords: image analysis, poultry, surface temperature, thermography

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a indústria avícola brasileira passou a buscar nas instalações e no ambiente as possibilidades de melhoria no desempenho das aves e na redução de custos de produção, como forma de manter a competitividade do setor (TINÔCO, 2001).

Segundo SILVA (2000), o ambiente pode ser resumido como sendo o conjunto de tudo o que afeta a constituição, o comportamento e a evolução de um organismo e este será sempre consequência do ambiente em que vive. Os principais fatores causadores de efeitos sobre a produção animal são: temperatura, umidade, radiação e vento, que constituem o ambiente térmico animal.

Os animais têm vários sistemas funcionais, os quais controlam a temperatura corporal (GUYTON & HALL, 2002). Em conjunto, estes sistemas funcionais permitem que o indivíduo controle suas interações com o seu meio ambiente e, desta forma, mantenham seu estado dentro de uma variação tolerável.

As aves mantêm a temperatura corporal constante quando a temperatura ambiente é termoneutra. Em condições de alta temperatura, os animais precisam de mecanismos físicos, como o resfriamento evaporativo e a redução do consumo de alimentos. Segundo BROWN-BRANDL et al. (1997), o aumento na temperatura corporal das aves é resultado de um desbalanceamento entre a perda de calor por meios evaporativos e sensíveis e a produção de calor.

Durante períodos de estresse térmico, as extremidades das aves que não possuem penas, como a crista e a barbela ou os pés, normalmente são vasodilatadas (RICHARDS, 1971; HILLMAN et al., 1982). DAHLKE et. al (2005) calculou que a área total de superfície da crista e barbela e pernas das aves corresponde a 16% da superfície total do corpo, o que reflete a importância dessas regiões corporais na dissipação de calor pelas aves.

A câmera termográfica infravermelha é uma moderna, segura e não invasiva técnica de

visualização de perfil térmico. Cada objeto na terra gera calor na forma de radiação infravermelha que depende da propriedade da sua camada superficial. Esse equipamento é capaz de detectar esse tipo de radiação. Os dados obtidos por escaneamento de computador são processados e apresentados na forma de mapas de temperatura que

preveem uma detalhada análise da temperatura do campo.

O objetivo da pesquisa foi classificar o conforto térmico de frangos de corte, com base nos índices de temperatura e umidade, com a temperatura superficial medida por termografia infravermelha com auxílio da técnica de mineração de dados.

MATERIAL E MÉTODO

Foram utilizados dois galpões comerciais de frangos de corte Cobb®, no município de Rio Claro, localizado no Centro-Leste do estado de São Paulo, nas coordenadas 22° 05' e 22° 40' S, 47° 30' e 47° 55' W. Em cada galpão, foram acompanhados dois ciclos de alojamento de frangos de corte de 14 a 35 dias de idade.

Para o monitoramento das variáveis climáticas foram utilizados equipamentos Hobbo® para coleta de dados referentes à Temperatura de Bulbo Seco (TBS), Temperatura de Bulbo Úmido (TBU) precisão $\pm 0,1$ °C e Umidade Relativa (UR) precisão $\pm 0,05\%$, e um anemômetro da marca Kestrel® para os dados referentes à Velocidade do Ar (VA) precisão 0,01 m/s, ambos alocados no centro geométrico de cada galpão.

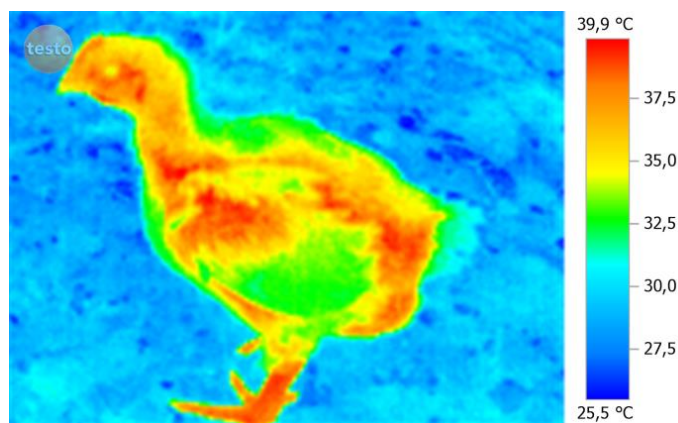


FIGURA 1. Imagem termográfica

Semanalmente foram tiradas fotos do perfil térmico da superfície das aves (FIGURA 1) com utilização da câmera termográfica Thermal Imager (TESTO®), com precisão de $\pm 0,1$ °C e intervalo de espectro infravermelho de 1,7 a 13 μm . Com auxílio do software IRSoft TESTO®,

com escala definida na opção de paleta frio/quente, das imagens foram coletadas temperaturas superficiais da pele (TSPE) e temperatura superficial da plumagem das aves (TSPL). As temperaturas superficiais obtidas foram correlacionadas com índice de temperatura e umidade (ITU),

calculado por meio da Equação 1, proposta por THOM (1959):

$$ITU = Ta + 0,36Tpo + 41,5 \quad (1)$$

Em que:

Ta = Temperatura do ar (°C);

Tpo = temperatura de ponto de orvalho (°C).

Os dados foram analisados através da mineração de dados. O processo de mineração de dados foi dividido em fases distintas, sucedidos de forma cíclica, a fim de permitir novas considerações e reavaliações em relação ao domínio e a inclusão ou exclusão de atributos, de acordo com a metodologia proposta pelo consórcio CRISP-DM (CHAPMAN et al., 2000).

A metodologia CRISP-DM propõe a execução de do projeto de mineração nas seguintes fases: 1- Entendimento do domínio de conhecimento ao que o estudo se refere; 2- Conhecimento e entendimento do banco de dados

referente a este domínio; 3- Preparação dos dados (limpeza, construção, seleção, integração e formatação) e 4- Modelagem.

No entendimento do domínio de conhecimento, realizado pela revisão de literatura. Segundo (YAHAV et al., 2005; DAHLKE et al., 2005; WELKER et al., 2008) a perda de calor para o ambiente está relacionada à temperatura superficial da ave, que consiste em um somatório das contribuições de cada parte do corpo. Assim surge a hipótese de que a temperatura superficial da pele (TSPE) e da plumagem (TSPL) podem ser atributos preditores do conforto térmico medido pelo ITU.

Os dados coletados foram organizados de acordo com a Tabela 1, classificados como (0) Dados numéricos e (1) dados nominais.

Tabela 1 - Lista de atributos utilizados na formação do banco de dados

Atributos	Tipo	Atributos	Tipo
Galpão	1	Umidade Relativa (%)	0
Ave	1	Temperatura de ponto de orvalho (°C)	0
Idade	1	Temperatura de bulbo úmido (°C)	0
TSPE (°C)	0	ITU	0
TSPL (°C)	0	Condição (ITU)	1
Temperatura do ar (°C)	0	Temperatura de globo negro (°C)	0

Preparação dos dados (limpeza, construção, seleção, integração e formatação), na Limpeza dos dados foram eliminados ruídos, dados inconsistentes e outliers. Na construção dos dados o banco de dados foi reformulado com inclusão de atributos derivados simples, DELTA_TS (derivado da diferença

entre a TSPE e a TSPL) e discretização em ALTO e BAIXO das variáveis TSPL, TSPE e DELTA_TS com base nas médias de cada atributo. A técnica de clusterização também foi utilizada para construção de atributos. Na etapa de seleção dos dados, os dados foram selecionados para a previsão de conforto térmico com base no ITU. Na modelagem os

dados foram computacionalmente processados através do programa WEKA[®] versão 3.7 (WITTEN & FRANK, 2005). As tarefas utilizadas

nas análises foram clusterizados e classificadas com construção das árvores de decisão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado da limpeza dos dados está representado no gráfico bloxplot dos atributos TSPL (temperatura superficial da plumagem das aves) e TSPE (temperatura

superficial da pele das aves), de acordo com a Figura 2. O número final de dados utilizado para mineração foi de 2.935, tirando um pouco menos de 5% dos dados coletados inicialmente.

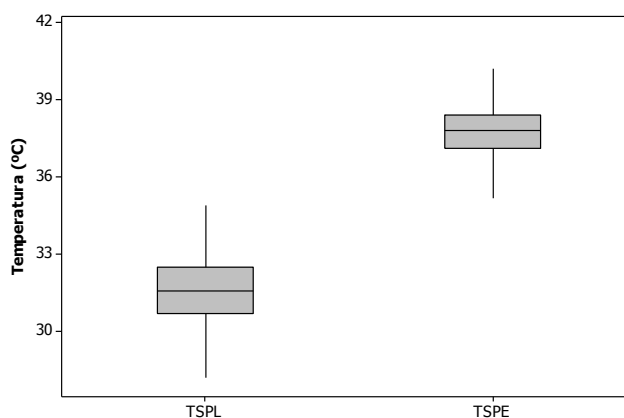


Figura 2 - Resultado da limpeza dos dados

As temperaturas superficiais foram utilizadas para prever o conforto térmico das aves de acordo com os índices. O índice de temperatura e umidade foi classificado em CONFORTO (<74), ALERTA (entre 75 e 78), PERIGO (entre 79 e 82) e EMERGÊNCIA quando valor for acima de 83.

Classificação (Árvore de Decisão)

O algoritmo utilizado foi o J48, uma implementação do C4.5 para tarefas de classificação, construindo árvore de decisão. Esse algoritmo gera imagens de interpretação dos modelos na forma de árvore invertida, onde o primeiro atributo, com maior poder de classificação, é utilizado

como nó raiz. A árvore segue dividindo-se em ramos que representam condicionais para a classificação até as folhas que representam a classificação.

As divisões condicionais a partir de um nó raiz SE atributo x ou y , ENTÃO classe, estabelecem os critérios da classificação e formam os demais ramos da árvore de decisão. Desta forma, a partir do nó raiz, se estabelecem as regras do modelo na forma de Corpo (SE) com o conector lógico E, formando o antecedente, associado a um conseqüente (ENTÃO), denominado cabeça da regra.

A avaliação dos modelos foi realizada com base na precisão dos

modelos e por medidas de interesse. O cálculo da precisão se deu a partir da matriz de confusão gerada para os dados de cada conjunto de treinamento, em função das classificações tidas como Verdadeiros positivos e Verdadeiros negativos, expressa em porcentagem de acertos na classificação. À medida que o modelo apresenta maior acerto de classificação e se aproxima de 100%, ele se torna mais preciso.

As classificações de índice de temperatura e umidade (ITU) observado a campo, nos dois galpões e em dois períodos distintos, foram ALERTA e PERIGO. Sendo assim, não foram observadas condições de CONFORTO e nem de EMERGÊNCIA. Apesar de todo manejo no alojamento para diminuir o impacto do estresse calórico na produção de Frangos de corte, os resultados indicam que na situação estudada as condições ambientais não estão adequadas. A temperatura média observada dentro dos galpões foi de $29,3^{\circ}\text{C} \pm 0,8$ e como foram analisadas aves de 14 a 35 dias, essa temperatura não é

recomendada a partir do 21º dia de idade (Medeiros et al., 2005).

Segundo a árvore criada sem a seleção de dados, a temperatura do ar (nó raiz) e a umidade do ar (UR) foram suficientes para classificar o ambiente em relação ao ITU com precisão de 100%.

Apesar de ser uma resposta esperada, temperatura e umidade relativa para prever o ITU, indica que a temperatura superficial tem menos entropia para a classificação, sendo necessária a seleção dos atributos TSPL (temperatura superficial da plumagem) e TSPE (temperatura superficial da pele) para construção da árvore de decisão.

Segundo a árvore gerada na Figura 3, a TSPL (temperatura superficial da plumagem) foi o nó raiz na previsão de condições de conforto térmico com índice de temperatura e umidade (ITU). A precisão total foi de 60%, a precisão da classe foi maior para a condição de PERIGO em relação à condição de ALERTA (62% e 58%, respectivamente).

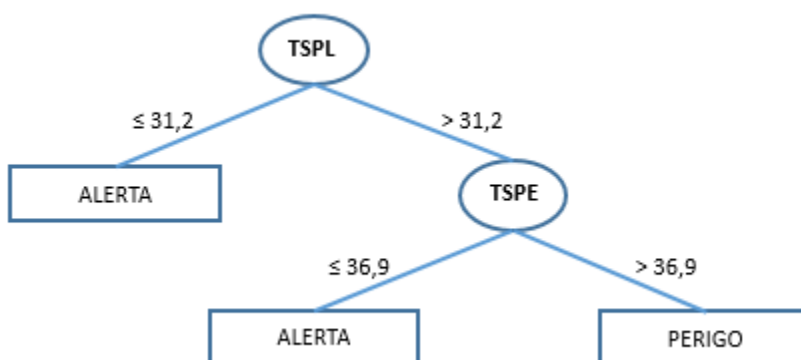


Figura 3 - Árvore de decisão com seleção dos atributos TSPL e TSPE ($^{\circ}\text{C}$) em relação ao ITU

Com o objetivo de melhorar a precisão da árvore de decisão foi criado o atributo DELTA_TS que foi gerado pela diferença entre a TSPE e a TSPL. Segundo a Figura 4, a árvore gerada apresenta precisão total (57,4%) menor em relação à árvore anterior que utilizou TSPL e TSPE

(60%). Quando a diferença entre a TSPE e TSPL for menor que 6,3°C indica PERIGO, quando a diferença entre as temperaturas superficiais é maior que 6,3°C indica condição de ALERTA.



Figura 4 - Árvore de decisão com DELTA_TS (°C) em relação ao ITU

Os atributos TSPL, TSPE e DELTA_TS foram discretizados utilizando a média de cada um, e classificando abaixo da média em BAIXO e acima da média em ALTO, gerando a árvore com esses atributos a TSPL discretizada foi determinante para classificar o ambiente com precisão de 68%, o maior valor de precisão em relação a outras árvores

de decisão, na classe BAIXO a temperatura superficial da plumagem corresponde às temperaturas abaixo de 31,6°C que determinam condição de ALERTA, e acima de 31,6 °C corresponde a PERIGO em relação à temperatura e umidade do ar no alojamento (FIGURA 5).



Figura 5. Árvore de decisão com atributos discretizados em relação ao ITU

De acordo com a análise de Clusterização, os atributos TSPL e TSPE, individualmente podem ser separados em Três clusters (Tabela

2), pois a maior queda da soma dos quadrados dos erros (%) foi entre os cluster 2 e 3, indicando que o 3 é o número de cluster mais provável para

clusterização dos dados. Para a clusterização foi utilizado o algoritmo

SAMPLE K-MEANS.

Tabela 2. Clusterização das temperaturas superficiais da plumagem (TSPL) e temperatura superficial da pele (TSPE)

Clusters	Atributos	
	TSPL (SE%)*	TSPE (SE%)*
2	30.9	37.7
3	15.4	17.5
4	9.5	10.9
5	6.5	6.9
6	4.5	5.5

*SE – Soma do quadrado do erro em %.

O resultado da clusterização, segundo a Figura 6, o atributo TSPL é o nó raiz para previsão do ITU com precisão de 59,7%, no cluster 1 a TSPL está abaixo de 30,6°C; no cluster 2 entre 30,7 °C e 32,1 °C e no cluster 3 acima 32,2 °C. Então, podemos concluir que a temperatura

superficial da plumagem das aves abaixo de 32,1 °C indica ALERTA e acima disso PERIGO no ambiente de alojamento dos frangos de corte. A clusterização dos atributos não melhorou a precisão da árvore de decisão.



Figura 6 - Árvore de decisão com cluster em relação ao ITU

Tabela 3 - Lista de regras geradas nas árvores de decisões

Figura (árvore de decisão)	Regras	Descrição das Regras
6	1	SE (TSPL < 31,3) ENTÃO (ALERTA)
6	2	SE (TSPL > 31,2) e (TSPE < 37) ENTÃO (ALERTA)
6	3	SE (TSPL > 31,2) e (TSPE > 36,9) ENTÃO (PERIGO)
7	4	SE (DELTA_TS < 6,4) ENTÃO (PERIGO)
7	5	SE (DELTA_TS > 6,3) ENTÃO (ALERTA)
8	6	SE (TSPL_DIS < 31,7) ENTÃO (ALERTA)
8	7	SE (TSPL_DIS > 31,6) ENTÃO (PERIGO)
9	8	SE (CLUSTER_TSPL < 32,2) ENTÃO (ALERTA)
9	9	SE (CLUSTER_TSPL > 32,1) ENTÃO (PERIGO)

As medidas de avaliação das regras (Tabela 3) foram geradas de acordo com a tabela de contingência, onde a regra passa a ser denotada por $B \Rightarrow H$, B corresponde ao conjunto de exemplos para os quais o corpo da regra (SE) é verdade e B^c o

seu complemento, ou seja, o conjunto de exemplos para os quais o corpo da regra é falso; H e H^c referem-se similarmente à cabeça da regra (ENTÃO). HB denota então $H \cap B$, $H^c B$ denota $H^c \cap B$ e assim por diante (Tabela 4).

Tabela 4. Tabela de contingência

	H	H^c	
B	BH	BH^c	B
B^c	B^cH	B^cH^c	b
	h	h^c	N

Segundo na Tabela 4,
 BH = números de exemplos para os quais B é verdade e H é verdade;
 BH^c = números de exemplos para os quais B é verdade e H é falso;
 B^cH = números de exemplos para os quais B é falso e H é verdadeiro;
 B^cH^c = números de exemplos para os quais B é falso e H é falso;
 h = números de exemplos para o qual H é verdade;
 h^c = números de exemplos para o qual H é falso;
 b = números de exemplos para o qual B é verdade;

b^c = números de exemplos para o qual B é falso;
 n = número total de ocorrência.

Na Tabela 5 estão representadas as medidas utilizadas como critério de avaliação com suas respectivas fórmulas, que utiliza os elementos mostrados anteriormente na Tabela 4. De acordo com os resultados da avaliação das 9 regras geradas na árvore de decisão com dados de TSPL (temperatura superficial da plumagem das aves) e TSPE (temperatura superficial da pele das aves) em relação ITU (índice

de temperatura e umidade do ar) no ambiente em que as aves estão alojadas, a regra que apresentou à maior acurácia foi a Regra 1 (SE TSPL for menor que 31,3 °C ENTAO condição de ALERTA) com 0,64 classificando como a regra mais específica para o problema. A Regra 6 (SE diferença entre TSPE e TSPL for maior que 6,3 °C ENTAO condição

de alerta) foi a que apresentou o maior erro 0,60 sendo a menos específica para o problema (Tabela 5).

Tabela 5. Resultado da avaliação das regras

Avaliação	Fórmula	Regras								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Acurácia	BH / b	0,64	0,53	0,60	0,56	0,60	0,39	0,59	0,57	0,63
Erro	$1 - (BH / b)$	0,35	0,46	0,39	0,43	0,39	0,60	0,40	0,42	0,36
Cobertura	b / n	0,39	0,09	0,52	0,57	0,42	0,51	0,49	0,65	0,34
SupORTE	BH / n	0,25	0,04	0,31	0,32	0,25	0,20	0,29	0,38	0,27
Novidade	$(1/n) - (BH - (h \times b) / n)$	0,05	0,00	0,05	0,04	0,04	-	0,04	0,04	0,04
		4	3	7	0	0	0,05	6	8	8
							6			

Ainda segundo a Tabela 5, a regra 8 (SE TSPL < 32,2 ENTAO ALERTA) é a que apresenta maior valor de cobertura e de suporte (0,65 e 0,38, respectivamente), então com relação à cobertura essa é a regra mais geral do problema, onde o maior número de exemplos são cobertos pela regra. Em relação ao valor de

suporte, o resultado indica que a regra tem o maior número de exemplos cobertos corretamente. O maior valor de novidade, que mostra o quanto a regra é interessante pela forte associação entre B e H, foi verificado na regra 3 (SE TSPL > 31,2 e TSPE > 36,9 ENTAO PERIGO).

CONCLUSÕES

O processo de mineração de dados tem grande potencial de aplicação na caracterização de ambiente térmico de produção de frangos de corte. A predição do

conforto térmico de frangos de corte em relação ao índice de temperatura e umidade foi possível a partir das temperaturas superficiais das aves, pelas árvores de decisões e regras criadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BROWN-BRANDL, T. M.; BECK, M. M.; SCHULTE, D. D.; PARKHURST,

A. M.; DESHAZER, J. A. Physiological responses of tom turkeys to temperature and humidity

change with age. *Journal of Thermal Biology*, v.22, p.43-52, 1997;

CHAPMAN, P.; CLINTON, J.; KERBER, R.; KHABAZA, T.; REINARTZ, T.; SHEARER, C.; WIRTH, R. CRISP-DM 1.0: step-by-step data mining guide. 2000. 78p. Available at: <http://www.crisp-dm.org/CRISPWP-0800.pdf>. Acessado 31 Maio. 2014.

DAHLKE, F.; GONZALES, E.; FURLAN, R. L.; GADELHA, A. C.; MAIORKA, A.; ALMEIDA, J. G. Suplementação dietética de selênio para frangos de corte e seus efeitos sobre o empenamento. *Archives of Veterinary Science*, v.10, n.1, p.27-33. 2005.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. *Tratado de Fisiologia Médica*. 10. ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2002;

HILLMAN, P. E.; SCOTT, N. R.; VAN THIENHOVEN, A. Vasomotion in chicken foot: dual innervation of arteriovenous anastomoses. *Animal Journal Physiology*, v.242, n.1, p.582-590, 1982;

MEDEIROS, M. M.; BAÊTA, F. C.; OLIVEIRA, R. F. M. TINÔCO, I. F. F.; ALBINO, L. F. T.; CECON, P. R. Efeitos da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar em frangos de corte. *Engenharia na Agricultura*, v.13, n.4, p.277-286, 2005.

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. *Journal of physiology*, v.216, p.1-10, 1971.

SILVA, R. G. *Introdução à bioclimatologia animal*. São Paulo. Nobel, 286p, 2000;

THOM, E. C. The discomfort index. *Weatherwise*, Boston, v.12, n.1, 1959, p. 57-60.

TINÔCO, I. F. F. Avicultura industrial: novos conceitos de materiais, concepções e técnicas construtivas disponíveis para galpões avícolas brasileiros. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, Campinas, v.3, n.1, p.1-26, 2001;

WELKER, J. S.; ROSA, A. P.; MOURA, D. J.; MACHADO, L. P.; CATELAN, F.; UTTAPATEL, R. Temperatura corporal de frangos de corte em diferentes sistemas de climatização. *Brazilian Journal of Animal Science*, Viçosa, v.37, n.8, p.1463-1467, 2008.

WITTEN, I. H.; FRANK, E. *Data mining: practical machine learning tools and techniques*. 2nd ed. San Francisco: Morgan Kaufmann, 525p, 2005.

YAHAV, S.; SCHINDER, D.; TANNY, J.; COHEN, S. Sensible heat loss: the broiler's paradox. *World's Poultry Science Journal*. Beekbergen, v.61, n.3, p. 419-434, 2005.