
PROGRAMA COMPUTACIONAL PARA A ESTIMATIVA DE CONFORTO TÉRMICO NA PRODUÇÃO INTENSIVA DE SUÍNOS E FRANGOS DE CORTE

Mariano Sergio Pacheco de Angelo¹, Irenilza Naas², Oduvaldo Vendrametto³

RESUMO

O Brasil é importante exportador mundial de carnes suína e de frango. Dois dos fatores que propiciam o sucesso da produção brasileira estão relacionados ao ambiente de alojamento e manejos adotados. Os índices de conforto térmico descrevem o ambiente do criatório, relacionando fatores climáticos mensuráveis, como a temperatura ambiente, a radiação solar, a umidade relativa e a velocidade do ar. O cômputo destes índices requer um cálculo constante, nem sempre possível no ambiente da granja de produção. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um programa computacional que calculasse índices de conforto térmico e identificasse cenários ótimos de alojamento, em relação às condições térmicas dos animais alojados, suínos e frangos de corte, sugerindo ações ao produtor para a mitigação dos riscos. Para o desenvolvimento do programa computacional, inicialmente foram identificados os índices mais utilizados para avaliar o conforto térmico de suínos em terminação e frangos alojados. A partir dos algoritmos identificados foram aplicados os princípios da engenharia de software no desenvolvimento do programa computacional. O cálculo automático dos índices e a comparação com situações ideais permitiu estabelecer maior controle do ambiente da produção, auxiliando o produtor na tomada de decisão com relação ao manejo da climatização adotada.

Palavras-chaves: automação de manejo, engenharia de software, melhorias no alojamento

ABSTRACT

SOFTWARE FOR ESTIMATING THERMAL COMFORT IN THE INTENSIVE PRODUCTION OF PIGS AND BROILERS

Brazil is a major exporter of pork and chicken meats. Two of the factors that favor the success of Brazilian production are related to the rearing environment and management adopted. The thermal comfort indices describe the housing environment, relating measurable climatic factors such as temperature, solar radiation, relative humidity and air velocity. Assessment of these indices requires constant calculation, not always possible in the farm production environment. In this sense, the aim of this work was to develop a software which calculates the thermal comfort indices, identifying optimal rearing scenarios with regards to thermal comfort of finishing pigs and broilers, and suggests actions for the producer to mitigate risks. The principles of software engineering were applied using the identified algorithms, in order to develop the software. Automatic calculation of the indices and comparison with ideal situations allowed for establishing better control of the production environment, assisting the producer in decision making related to the management of acclimatization.

Keywords: automation management, software engineering, improvements in housing

Recebido para publicação em 30/06/2013. Aprovado em 09/09/2014.

1 - Cientista da Computação, Professor da UNIP/São Paulo-SP, msp.angelo@gmail.com

2 - Engenheira Civil, Professora da UNIP/São Paulo-SP, irenilza@gmail.com

3 - Físico, Professor da UNIP/São Paulo-SP, oduvaldov@uol.com.br

INTRODUÇÃO

Uma das principais causas do sucesso de um empreendimento para a produção animal está relacionada ao ambiente a que estarão submetidos os indivíduos alojados (MOURA *et al.*, 2004; KIEFER *et al.*, 2009). O ambiente térmico engloba os efeitos da temperatura ambiente (TA), da radiação solar (RS), da umidade relativa do ar (UR) e da velocidade do ar (VA). A combinação da UR e da TA é o principal condicionante para o conforto térmico e o funcionamento geral dos processos fisiológicos dos animais (TAO; XIN, 2003; VITORASSO; PEREIRA, 2009, VIGODERIS *et al.* 2010; CORDEIRO *et al.* 2012; CASSUCE *et al.* 2013).

Os índices de conforto térmico combinam dois ou mais parâmetros climáticos, buscando determinar a sua influência sobre o conforto, e caracterizar distintos ambientes térmicos. Por terem sido desenvolvidos a partir de dados específicos e controle peculiar de ambiente, cada parâmetro possui um determinado peso dentro do índice, conforme sua importância relativa. A escolha dos índices, para a determinação do conforto térmico, está relacionada diretamente com a atividade desenvolvida pelo animal e sua idade, com as condições do ambiente em questão e com a importância desses aspectos (SAMPAIO *et al.*, 2004; HUYNH *et al.* (2005); SANTOS *et al.*, 2009).

Os índices mais utilizados para a determinação do conforto térmico ambiental são o de Thom (1958), denominado de índice de temperatura e umidade (ITU) que associa a temperatura de bulbo seco (TBS) e a temperatura do bulbo úmido (TBU), tendo outras variações que substituem TBU por valores equivalentes de temperatura de ponto de orvalho (TPO), conforme utilizaram Santos *et al.* (2009) e Oliveira *et al.* (2011). Outro índice utilizado na avaliação do conforto ambiental é o desenvolvido por Buffington *et al.* (1981), que propuseram uma equação que considera, em um único valor, os efeitos da temperatura de bulbo seco, da umidade do ar, do nível de radiação e da movimentação do ar, que denominaram de índice de umidade e temperatura de globo (ITGU). Outro indicador das condições térmicas ambientais é a carga térmica de radiação (CTR) que, em condições de regime permanente, expressa a radiação total recebida pelo globo negro proveniente do ambiente ao seu redor (ESMAY,

1982). Sampaio *et al.* (2004) e Huynh *et al.* 2005) expõem que o mais importante nas instalações é diminuir o balanço de energia entre o animal e o meio, até um limite de otimização, sendo a CTR um dos principais componentes do balanço energético de um animal e sua avaliação é fundamental no estudo da definição do meio ambiente.

Entretanto, a determinação estática destes valores permite utilização limitada de tomada de decisão pelos produtores. O processo de construção de um sistema é uma atividade contemplada pela Engenharia de Software e, como tal, precisa seguir um conjunto de métodos e técnicas para a correta construção do produto, economicamente viável, que seja confiável e funcione eficientemente em máquinas reais, neste caso, um programa computacional (BAUER, 1972; PRESSMAN, 2005).

Este trabalho teve como objetivo desenvolver um programa computacional, utilizando índices de conforto térmico, para auxiliar o produtor de suínos e aves, a mitigar situações específicas de conforto térmico no alojamento destes animais.

MATERIAL E MÉTODOS

A primeira etapa do trabalho foi a seleção dos índices. A escolha dos algoritmos foi baseada na possibilidade dos produtores de obterem os dados a serem inseridos no programa computacional, para cada tipo específico de animal, suíno em terminação ou frango de corte na fase final de produção.

Para suínos em terminação, dois índices foram selecionados, o ITU (KELLY; BOND, 1971) e o ITGU (BUFFINGTON *et al.*, 1981), conforme indicam as Equações 1 e 2.

$$ITU = 0,72 (TBS + TBU) + 40,6 \quad (1)$$

em que,

TBS = temperatura de bulbo seco (°C); e
TBU = temperatura de bulbo úmido (°C).

$$ITGU = 0,6 TGN + 0,36 TPO + 41,5 \quad (2)$$

em que,

TGN = temperatura de globo negro (°C); e
TPO = temperatura de ponto de orvalho (°C).

Para frangos de corte em fase final de criação, foram adotados os seguintes índices, o ITU adaptado por Brown-Brandl *et al.* (1997), o ITGU e o ITUV, proposto por Tao e Xin (2003), expressos nas Equações 3 e 4, respectivamente.

$$ITU = TBS + 0,36TBU + 41,2 \quad (3)$$

em que,

TBS = temperatura de bulbo seco (°C); e
TBU = temperatura de bulbo úmido (°C).

$$ITUV = (0,85 TBS + 0,15 TBU) V^{-0,058} \quad (4)$$

em que,

TBS = temperatura de bulbo seco (°C);
TBU = temperatura de bulbo úmido (°C); e
V = velocidade do ar (m s⁻¹).

A segunda etapa do trabalho constou do desenvolvimento do programa computacional. Nesta fase, foi adotado o modelo espiral, que é baseado no princípio do desenvolvimento incremental, em que novas funções são adicionadas a cada ciclo de desenvolvimento. Análise, especificação, projeto, implementação e homologação são repetidas a cada ciclo, gerando uma nova versão do software e permitindo um *feedback* imediato do usuário (DEGOULET; FIESCHI, 1997).

As equações de cada um dos índices de conforto térmicos foram codificadas em linguagem C#. Fatores como desempenho, uso de memória, problemas de conversão de dados provenientes da digitação, precisão numérica, possibilidade de customização da distribuição dos resultados nos intervalos para períodos diferentes e os intervalos específicos para cada uma das espécies de animais envolvidas neste trabalho foram todos contemplados. O fluxograma do programa computacional encontra-se na Figura 1.

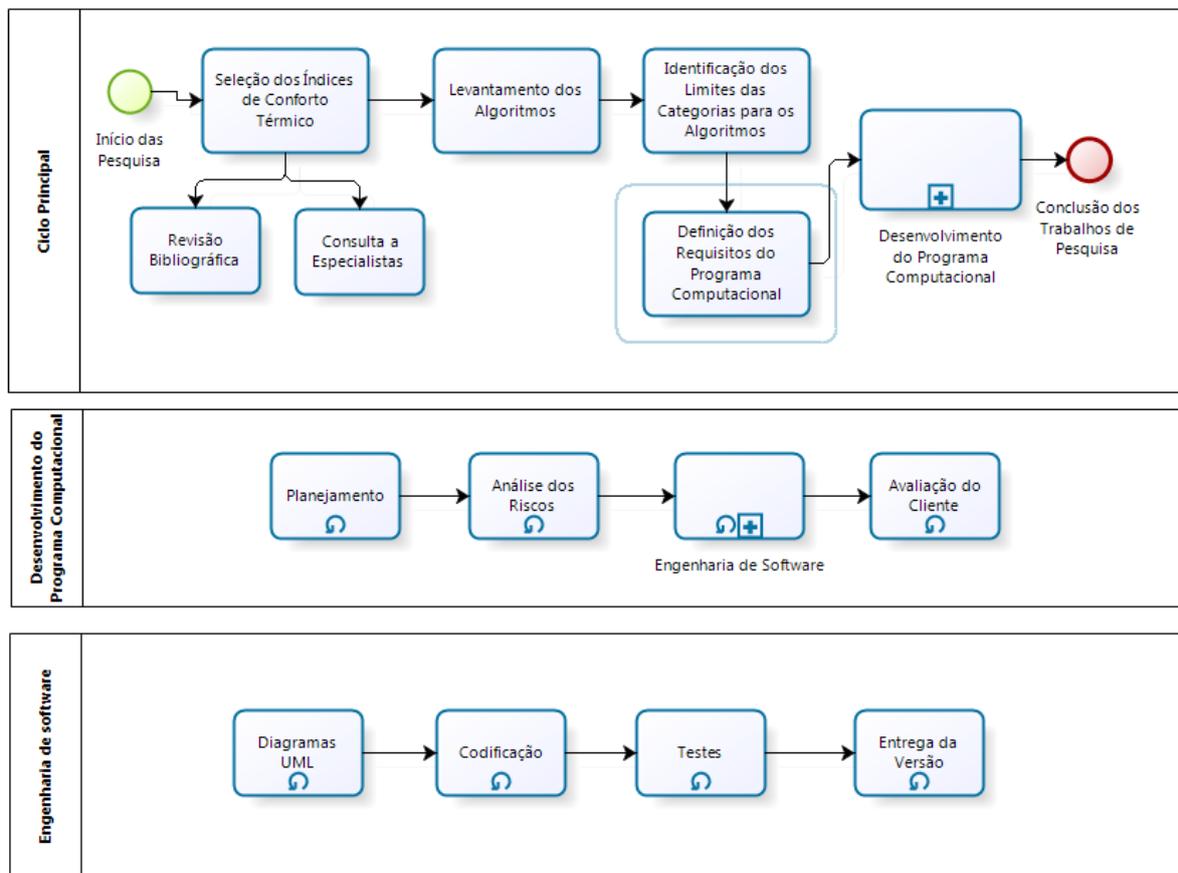


Figura 1. Fluxograma dos procedimentos para a execução do programa computacional.

Devido ao nível de complexidade do programa computacional, optou-se pela utilização de apenas três dos diagramas disponibilizados pela *Unified Modeling Language* (UML). Os diagramas selecionados foram os de caso de uso, sequência e classes.

Para a criação de interface gráfica com o usuário (Figura 2), levou-se em conta a facilidade de operação pelo usuário, sendo feito um estudo para que a disposição, tamanho e cores dos controles atingissem esse objetivo. Cada área específica tem uma função, conforme segue:

Área 01: Entrada de dados pelo usuário, em que os valores podem ser digitados diretamente nos campos adequados ou preenchidos através dos controles auxiliares clicando-se nas setas indicativas.

Área 02: Configuração das opções gerais do programa, sendo possível ativar ou desativar as opções de coletar dados através de sensores remotos, enviar e-mails de aviso com os dados sobre os índices, tocar sons de alerta ou controlar o funcionamento remoto de equipamentos como nebulizadores e ventiladores.

Área 03: São exibidas as imagens das espécies

de animais para as quais os índices estão sendo calculados (suínos ou frangos de corte).

Área 04: O gráfico superior exibe os valores dos últimos 20 índices calculados. O gráfico inferior é preenchido com as respectivas temperaturas ou velocidade do vento, de acordo com o índice (ITU, ITUV ou ITGU).

Mensagem: Exibe uma mensagem, com as cores variando conforme o intervalo em que o valor do índice se encontra. Os valores e cores possíveis são: normal, cor verde; alerta, cor amarela; perigo, cor vermelha e emergência, cor preta.

Área 05: Simula um semáforo, e as cores acompanham o padrão contido na Área Mensagem.

Área 06: Local onde o programa interage com o usuário através de mensagens, e podem conter informações sobre o status do programa, intervenções feitas pelo programa (no caso de sensores e equipamentos remotos) ou solicitadas ao usuário. São apresentadas sugestões para a mitigação dos riscos envolvidos quando os índices não estão nos intervalos ótimos.

Os resultados foram apresentados a especialistas das áreas de avicultura e suinocultura, que avaliaram a calibração do programa computacional.

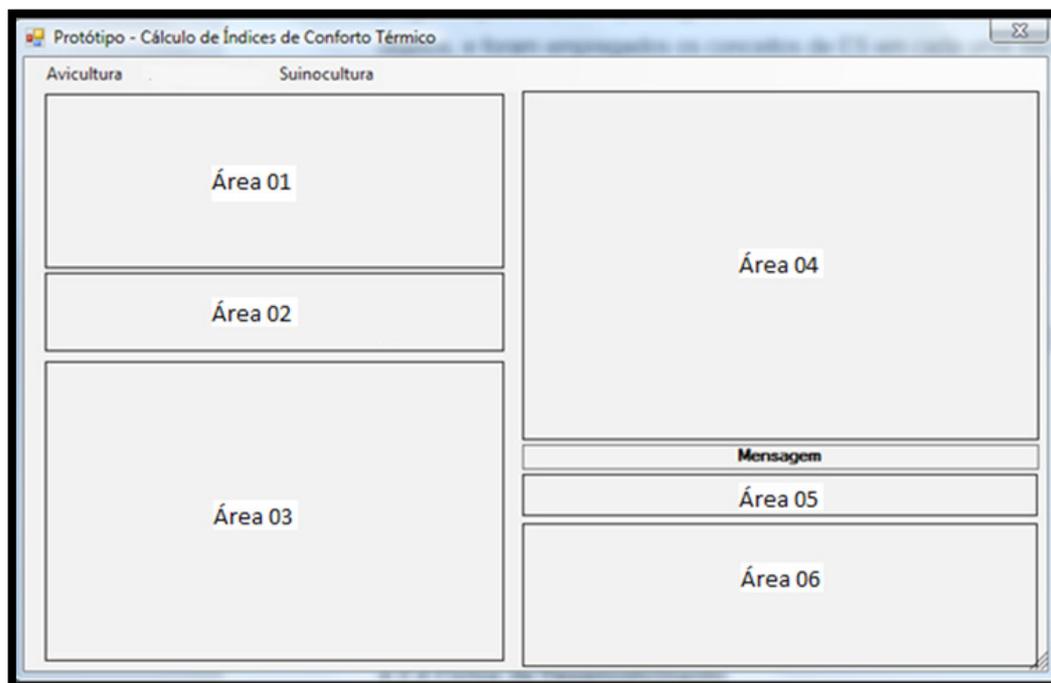


Figura 2. Interface gráfica com o usuário do programa computacional para determinação dos índices de conforto térmico de suínos e frangos de corte.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Devido à predominância do clima tropical no Brasil, o programa computacional foi adequado para temperaturas entre a região de homeotermia até a região de hipertermia, utilizando os dados da literatura sobre o tema (HUYNH *et al.* 2005; VIGODERIS *et al.* 2010; CORDEIRO *et al.* 2012). Quando a temperatura do ambiente ultrapassa a temperatura crítica superior, os animais reagem através da dissipação de calor utilizando os mecanismos sensíveis como condução, convecção, radiação e mecanismos latentes de evaporação. Esses mecanismos dependem da existência de gradiente de temperatura entre o animal e o ambiente (OLIVEIRA *et al.*, 2011).

Os avisos do programa computacional são mostrados nas telas de cômputo dos valores dos índices (Figura 3).

Depois, estes foram comparados com valores adotados à semelhança do proposto por Brown-Brandl *et al.* (1997) e testado por Huynh *et al.* (2005); Cordeiro *et al.* (2012) e descritas a seguir.

Conforto: Indica os valores dos índices nos quais os mecanismos responsáveis pela manutenção da temperatura corporal operam com um mínimo de dispêndio de energia por parte dos animais. O

metabolismo basal funciona sem sobrecargas. Os processos fisiológicos atuam de maneira natural. Não são notadas alterações comportamentais.

Alerta e Perigo: O animal aciona seus mecanismos termo regulatórios para auxiliar a dissipação do calor para o ambiente. O metabolismo basal e os processos fisiológicos começam a sofrer sobrecarga. Implica no aumento de dias para chegar ao peso de abate, pela menor ingestão diária de nutrientes e piora na conversão alimentar, devido ao fato de que parte dos nutrientes consumidos passará a ser desviada para a manutenção da homeotermia, levando a prejuízos econômicos. Adicionalmente, as aves apresentam alcalose respiratória.

Emergência: O animal não consegue obter o resfriamento necessário para a manutenção do equilíbrio homeotérmico e a temperatura corporal aumenta cada vez mais. Devem ser tomadas medidas imediatas na busca de trazer os valores para índices normais. Risco iminente de morte.

Ao ser atingida a faixa de conforto (Figura 4), a cor das mensagens e do gráfico do ITU foi alterada para verde. O programa também permite a inserção automática de dados, quando conectado a um *datalogger* obtendo dados em tempo real. Outra possibilidade, quando conectado à internet é o envio de e-mails ou SMS a um endereço autorizado.



Figura 3. Imagem do programa computacional gerando o índice ITU para frangos de corte e indicando a situação de perigo, recomendando uma forma possível de mitigação.

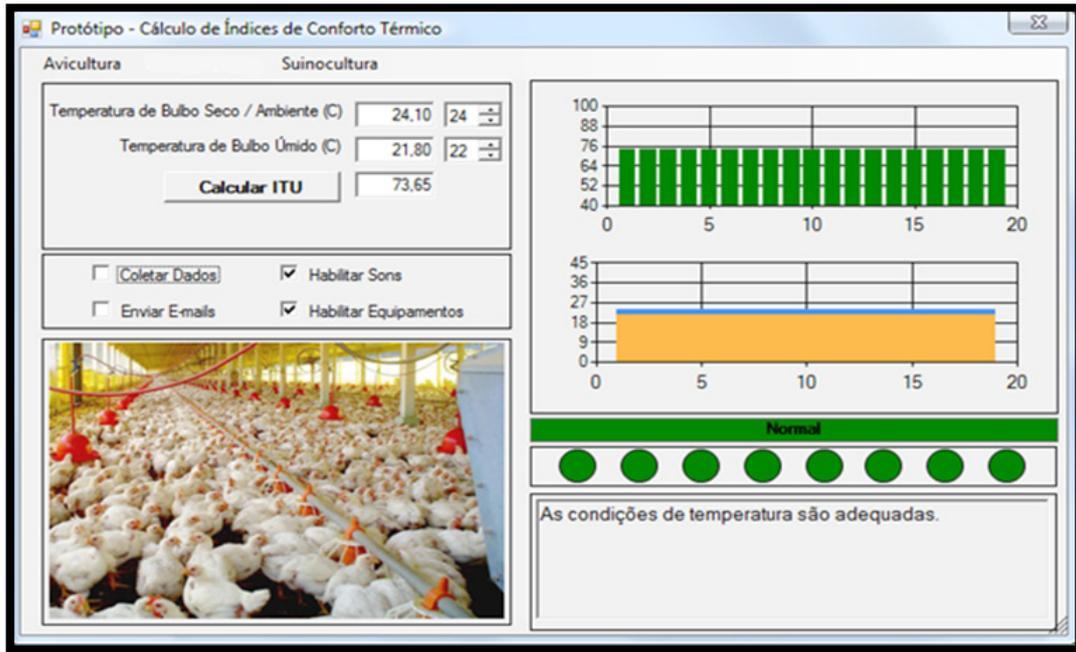


Figura 4. Imagem do programa computacional gerando o índice ITU para frangos de corte e indicando a situação normal, após uso de mitigação.

Os resultados obtidos foram validados através da criação aleatória de várias séries de dados compostas por 108 valores de temperaturas e velocidades do ar, conforme recomendados pela literatura (TAO; XIN, 2003; CASSUCE *et al.* 2013; SONSEEDA *et al.* 2013).

Os valores encontrados de ITU foram semelhantes àqueles utilizados por Vitorasso (2009) para avaliar aviários com diferentes tipos de coberturas. O autor registrou diferenças no índice ITU, em função do ambiente interno gerado por diferentes coberturas. Os valores encontrados, utilizando a série de dados simulados dentro da zona de termoneutralidade, concordam com aqueles preconizados por Vigoderis *et al.* (2010); Sonseeda *et al.* (2013), em que $ITU = 26,2$, para aves, e Cordeiro *et al.* (2012), em que $ITU = 62,1$, para suínos em terminação.

Já os valores encontrados de ITUV para condições normais de termoneutralidade e ventilação natural, estão próximos aos sugeridos por Tao e Xin (2003), em torno de 26,18.

Os valores de ITGU para a faixa de termoneutralidade foram adotados inicialmente,

segundo Fiorelli *et al.* (2009), em 82,80, para vários tipos de edificações. Entretanto, os valores encontrados, foram próximos àqueles sugeridos por Sampaio *et al.* (2004) para suínos em terminação, entre 55,3 a 61,2. Já para aves, os resultados do processamento da série de dados simulados concordaram com a sugestão de Santos *et al.* (2005), que de é de 79,4.

CONCLUSÕES

- O programa computacional desenvolvido calculou os valores dos algoritmos selecionados, estimando vários cenários para alojamento de suínos e frangos de corte, baseados nos índices adotados.
- Foi possível simular, a partir de valores máximos, mínimos e ideais, situações intermediárias de conforto térmico, permitindo ao usuário do programa utilizar manejos específicos de mitigação, quando os valores calculados provenientes de inserção de dados reais, estejam fora dos padrões de termoneutralidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAUER, F.L. **Software Engineering - Information Processing**. Amsterdam: North Holland Publishing, 1972, 153p.
- CASSUCE, D.C.; TINÔCO, I.F.F.; BAÊTA, F.C.; ZOLNIER, S. ; CECON, P.R.; VIEIRA, M.F.A. **Thermal comfort temperature update for broiler chickens up to 21 days of age**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.33, n.1, p.28-36, 2013
- CORDEIRO, A.F.S.; NÄÄS, I.A. ; STANLEY, R.M. OLIVEIRA, S.R.M.; VIOLARO, F.; ALMEIDA, A.C.M. **Efficiency of distinct data mining algorithms for classifying stress level in piglets from their vocalization**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.32, n.2, p.208-216, 2012.
- ESMAY, M.L. **Principles of animal environment**. Westport: Avi, 1982. 325p.
- FALCO, J.E. **Bioclimatologia Animal**. Lavras: UFLA, 1997. 57p.
- FIORELLI, J.; MORCELI, J.A.B.; VAZ, R.I.; DIAS, A.A. Avaliação da eficiência térmica de telha reciclada à base de embalagens longa vida. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n.2, p.204–209, 2009.
- KIEFER, C.; MEIGNEN, B.C.G.; SANCHES, J.F.; CARRIJO, A.S. Resposta de suínos em crescimento mantidos em diferentes temperaturas. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v.58, n.221, p.55-64, 2009.
- KIEFER, C.; MOURA, M.S.; SILVA, E.A.; SANTOS, A.P.; SILVA, C.M.; LUZ, M.F.; NANTES, C.L. Respostas de suínos em terminação mantidos em diferentes ambientes térmicos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.11, n.2, p.496-504, 2010.
- MOURA, D.J.; NÄÄS, I.A.; PEREIRA, D.F.; SILVA, R.B.T.R.; CAMARGO, G.A. Animal welfare concepts and strategy for poultry production: a review. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v.8, n.1, p.137-148, 2006.
- MOURA, D.J.; BUENO, L.G.F.; FREITAS, L.G.; LIMA, K.A.O.; CARVALHO, T.M.R.; MAIS, A.P.A. Strategies and facilities in order to improve animal welfare. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Campinas, v.39, p.311-316, 2010.
- OLIVEIRA, W.P.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L.; ALBINO, L.F.T.; MARTINS, M.S.; MAIA, A.P.M. Redução do nível de proteína bruta em rações para frangos de corte em ambiente de termoneutralidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v.40, n.8, p.1725-1731, 2011.
- PRESSMAN, R.S. **Engenharia de Software**. São Paulo: Makron Books, 2005. 198p.
- SANTOS, P.A.; BAÊTA, F.C.; TINÔCO, I.F.F.; ALBINO, L.F.T.; CECON, P.R. **Ventilação em modos túnel e lateral em galpões avícolas e seus efeitos no conforto térmico, na qualidade do ar e no desempenho das aves**. **Revista CERES**, Viçosa-MG, v.56, n.2, p.172-180, 2009.
- SONSEEDA, P.; VONGPRALUB, T.; LAOPAIBOON, B. **Effects of Environmental Factors, Ages and Breeds on Semen Characteristics in Thai Indigenous Chickens: A One-year Study**. **Thai Journal of Veterinary Medicine**, Bangkok, v.43, n.3, p.347-352, 2013.
- TAO, X.; XIN, H. Acute synergistic effects of air temperature, humidity, and velocity on homeostasis of market-size broilers. **Transactions of the ASABE**, St. Joseph, v.46, n.2, p.491-497, 2003.
- HUYNH, T.T.T.; AARNINK, A.J.A.; GERRITS, W.J.J.; HEETKAMP, M.J.H.; CANH, T.T.; SPOOLDER, H.A.M.; KEMP, B.; VERSTEGEN, M.W.A. **Thermal behaviour of growing pigs in response to high temperature and humidity**. Original Research Article Applied Animal Behaviour Science, v.91, Issues 1–2, May 2005, Pages 1-16.

THOM, E.C. Cooling degrees-days air conditioning, heating, and ventilating. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.55, n.7, p.65-72, 1958.

VIGODERIS, R.B.; CORDEIRO, M.B.; TINÔCO, I.F.F.; MENEGALI, I.; JÚNIOR, J.P.S.; HOLANDA, M.C.R. **Avaliação do uso de ventilação mínima em galpões avícolas e de sua influência no desempenho de aves de corte**

no período de inverno. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v.39, n.6, p.1381-1386, 2010.

VITORASSO, G.; PEREIRA, D. **Análise comparativa do ambiente de aviários de postura com diferentes sistemas de acondicionamento**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campinas Grande, v.13, n.6, p.788-794, 2009.