

Relação temperatura e nutrição sobre o desempenho de galinhas poedeiras

Aurora da Silva Melo^{1*}, Raimunda Thyciana Vasconcelos Fernandes¹, Jéssica Berly Moreira Marinho², Alex Martins Varela de Arruda³, Lívio Carvalho de Figueirêdo⁴, Rogério Taygra Vasconcelos Fernandes⁵

¹Zootecnistas, Doutorandas em Ciência Animal da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Brasil.

²Zootecnista, Mestranda em Ciência Animal da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Brasil.

³Zootecnista, Docente do Departamento de Ciências Animais, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Brasil.

⁴Biólogo, Docente do Departamento de Ciências Animais, Universidade Federal Rural do Semi-Árido Brasil.

⁵Engenheiro de Pesca, Engenheiro Civil, Docente do Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas Brasil.

*Autor para correspondência, E-mail: auroramelho_14@hotmail.com

RESUMO. Aves são animais homeotérmicos, e devido a isso conseguem manter a temperatura corporal relativamente constante, independente da temperatura ambiental em que estão inseridas, desde que a amplitude em que se encontra a zona de conforto térmico seja respeitada. A ótima produtividade de poedeiras depende do conjunto de medidas que atendam às necessidades dos animais em nutrição, sanidade, genética e bem-estar. Por ser um animal homeotérmico, a temperatura do ambiente é um parâmetro avaliado relacionado ao conforto térmico, sendo a zona de termoneutralidade necessária para que a ave possa expressar toda sua potencialidade genética e haja maior aproveitamento das estratégias nutricionais. A habilidade das aves em direcionar a energia consumida para manutenção, peso e número de ovos está diretamente relacionada com as condições ambientais em que elas estão alojadas, portanto ambientes com temperaturas elevadas ou baixas demais podem afetar o desempenho das aves, não somente quanto ao consumo de alimentos, mas também com o desvio de energia despendido pelo animal na tentativa de manter constante a temperatura corporal. A relação temperatura/nutrição deve ser analisada e levada em consideração na criação de galinhas poedeiras comerciais tendo em vista que a variação da temperatura ambiente regula principalmente o consumo de alimento desencadeando uma série de reações que afetam negativamente a nutrição da ave. Desta forma, apresentamos uma revisão sobre a interação existente entre temperatura e nutrição para que haja o melhor desempenho de aves poedeiras.

Palavras chave: Conforto térmico, comportamento ingestivo, energia metabolizável, homeostase

Relationship between temperature and nutrition on laying performance

ABSTRACT. Birds are homeothermic animals, and because it can maintain the relatively constant body temperature regardless of the ambient temperature in which they operate, since the range where the thermal comfort zone is observed. The great productivity of laying depends on the set of measures that meet the needs of animals in nutrition, health, genetics and wellness. Being a homeothermic animal, the ambient temperature is a parameter related to the rated thermal comfort, and the thermal neutral zone required so that the bird can fully express their genetic potential and there is greater use of nutritional strategies. The ability of birds to direct the energy consumed for maintenance, weight and number of eggs is directly related to the environmental conditions in which they are housed. So environments with high temperatures or too low can affect the performance of the birds, not only for food intake, but also the energy deviation spent by the animal in an attempt to maintain constant body temperature. The ratio temperature/nutrition must be analyzed and

taken into account in the creation of commercial laying hens in order that the variation of ambient temperature mainly regulates food intake triggering a series of reactions that adversely affect the bird nutrition. Thus, we present a review of the interaction between temperature and nutrition for that there is the best performance of laying hens.

Keywords: homeostasis, ingestive behavior, metabolizable energy, thermal comfort

Introdução

A ótima produtividade de poedeiras depende do conjunto de medidas que atendam as necessidades dos animais em nutrição, sanidade, genética e bem estar. Por ser um animal homeotérmico, a temperatura do ambiente é um parâmetro relacionado ao conforto térmico, sendo a zona de termoneutralidade necessária para que a ave possa expressar toda sua potencialidade genética e haja maior aproveitamento das estratégias nutricionais.

O confinamento em gaiolas de poedeiras comerciais dificultam as adequações comportamentais pela dificuldade de locomoção, ao se expor a condições ambientais extremas e/ou excessiva produção de calor metabólico há aumento na temperatura corporal resultando em um irreversível evento termorregulatório em cascata podendo ser letal para as aves (Yahav, 2007). O limite crítico da zona de conforto pode variar em função da idade, peso, linhagem, tempo de exposição, composição corporal, cobertura de penas, entre outros (Leeson et al., 2001). Quando fora da zona termoneutra, alterações comportamentais e/ou fisiológicas são efetuadas na tentativa de manter a homeostase.

Fisiologia da homeotermia

Aves são animais homeotérmicos, e devido a isso conseguem manter a temperatura corporal relativamente constante, independente da temperatura ambiental em que se encontram desde que a amplitude em que se encontra a zona de conforto térmico seja respeitada.

A quantidade de energia térmica estocada por unidade da massa corporal determina a temperatura corporal da ave. Essa energia pode ser aumentada ou diminuída pelos processos de termogênese e termólise (Castilho et al., 2015).

Para manutenção da temperatura fisiológica, esses processos são realizados por um centro termorregulador, localizado no sistema nervoso central (Abreu et al., 2004), onde as células termorreceptoras periféricas captam as sensações de frio e calor (Abreu et al., 2007).

As trocas térmicas do corpo da ave com o meio são realizadas por quatro componentes principais: radiação, condução e convecção, denominadas não evaporativas, e pela evaporação, que constitui um dos mais importantes mecanismos latentes de transferência térmica utilizada pelos animais (Silva, 2008, Castilho et al., 2015). A perda de calor latente ocorre devido a um diferencial de pressão de vapor (Maia & Loureiro, 2005, Castilho et al., 2015). No caso das aves, a troca por evaporação ocorre na forma da ofegação (Figura 1), uma vez que a ausência de glândulas sudoríparas impossibilita a sudação.



Figura 1. Poedeira em evapotranspiração.

De maneira geral, as perdas de calor nas aves são controladas por meio da alteração do fluxo sanguíneo na superfície corporal, ou alterando a taxa de evaporação no trato respiratório (Castilho et al., 2015, Abreu et al., 2007). A superfície corporal das aves é caracterizada pela presença de uma camada de penas, que têm maior importância quando as aves estão expostas a situação de frio. Portanto, a atividade vasomotora na pele coberta com penas é mínima e essas regiões podem ser caracterizadas como vasorregulatórias conservadoras (Shinder et al., 2007, Castilho et al., 2015). As áreas desprovidas de penas, como podem ser observadas na figura 2, tais como as pernas e área facial, são fundamentais no processo termorregulatório, assim como as regiões corporais altamente vascularizadas como crista e barbela (Castilho et al., 2015).

Os hormônios tireoidianos tiroxina (T4) e triiodotironina (T3), que são diretamente relacionados ao metabolismo animal (Sahin et al., 2002), apresentam suas concentrações plasmáticas

influenciadas negativamente pela temperatura ambiental (Yahav, 2007). Dessa forma, aves mantidas sob altas temperaturas apresentam níveis plasmáticos destes hormônios diminuídos, reduzindo a atividade da bomba de sódio e potássio e o consumo de oxigênio pelas células animais, ocasionando redução da taxa metabólica (Chen et al., 1994).

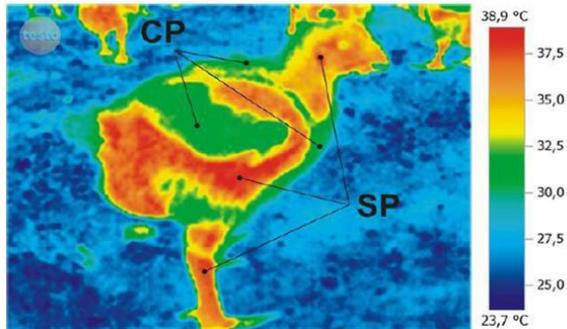


Figura 2. Diferença de temperatura na superfície das penas (CP) e da pele (SP). Fonte: Nascimento et al. (2011).

O sistema sanguíneo também é sensível às mudanças de temperatura, consistindo num importante indicador das respostas fisiológicas das aves a agentes estressores (Laganá et al., 2005). O aumento da temperatura ambiente reduz a concentração de hemoglobina e aumenta o hematócrito em frangos submetidos a estresse agudo por calor (Yahav, 2007). Laganá et al. (2005) verificaram que o ambiente influenciou a concentração de hemoglobina, heterófilos e diminuição no hematócrito, o que estaria associado com a necessidade de reduzir a viscosidade do sangue durante a vasodilatação em ambientes com altas temperaturas.

Estresse térmico por calor

As aves são animais homeotérmicos, com cobertura corporal dotada de penas, que favorecem certo isolamento térmico, mais dificulta a troca de calor com o meio. Além disso, não apresentam glândulas sudoríparas e possui reduzida capacidade de troca térmica, na forma latente (Figura 3), fato esse justificado por seu sistema termorregulador ser mais adequado para reter calor do que para dissipá-lo (Teixeira & Baião, 2012). Desta forma, o estresse por calor é um dos maiores entraves na produção de aves, principalmente em regiões onde predominam altas temperaturas, devido ao baixo desempenho, a imunossupressão e a alta mortalidade (Oliveira Neto et al., 2000, Naziroglu et al., 2000, Teixeira & Baião, 2012).

Fisiologicamente as aves respondem ao estresse térmico por calor aumentando os mecanismos de dissipação e diminuindo a produção de calor metabólico, ou termogênese, reduzindo a ingestão de alimentos, assim como o consumo de energia metabolizável (Mujahid et al., 2007), consequentemente essas aves tem redução no ganho de peso e conversão alimentar. A redução do consumo de ração diminui o consumo de outros nutrientes de suma importância para a produção de ovos, como aminoácidos e minerais, portanto é essencial para a determinação da exigência nutricional levar em consideração a interação entre a nutrição e temperatura ambiente (Stringhini et al., 2005).

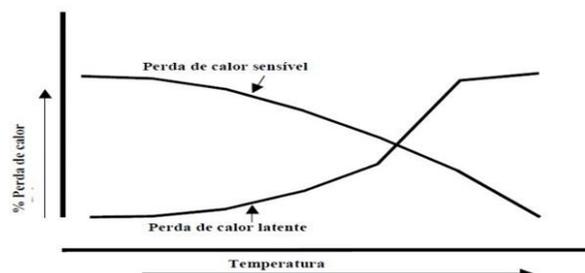


Figura 3. Mecanismos de troca de calor da ave com o meio em função do aumento de temperatura.

A habilidade das aves em direcionar a energia consumida para manutenção, peso e número de ovos está diretamente relacionada com as condições ambientais em que elas estão alojadas, portanto ambientes com temperaturas elevadas podem afetar o desempenho das aves, não somente devido a diminuição no consumo de alimentos, mas também o desvio de energia despendido pelo animal na tentativa de manter constante a temperatura corporal (Figura 4), além de induzir a uma hiperventilação dos pulmões durante a respiração (Jácome et al., 2007, Tinôco, 2001). Esta hiperventilação ao nível dos alvéolos pulmonares, leva a perdas significativas de CO_2 , aumentando o pH do sangue e desencadeando a alcalose respiratória, reduzindo também a concentração de cálcio difusível no sangue, além da menor ingestão de cálcio que afeta a deposição deste na casca do ovo, há também redução na conversão da vitamina D3 em sua forma metabolicamente ativa, essencial para a absorção e utilização do cálcio pelo organismo (Plavnik, 2003).

Esses fatores podem resultar em ovos pequenos, de casca fina ou mesmo sem casca. A inclusão de bicarbonato de sódio na dieta é realizada para ajudar na manutenção da ingestão

de ração, uma vez que o sódio é estimulante do consumo. Além disso, este composto fornece íons bicarbonato que entrará no processo de formação da casca ([Carvalho, 2012](#)). A adição de sais como carbonato de potássio, sal comum e cloreto de amônia também podem ser feitos para minimizar as perdas na produção ocasionadas pelo estresse térmico, com perda excessiva de dióxido de carbono do sangue, fator importante na formação do carbonato de cálcio para a casca ([Jácome et al., 2007](#), [Tinôco, 2001](#)). A ventilação excessiva leva a uma alcalose respiratória que influencia no equilíbrio eletrolítico e mineral, o que resulta em ovos pequenos e de casca fina ([Carvalho, 2012](#)) além de diminuir a resistência a doenças ([Garcia, 2003](#)).

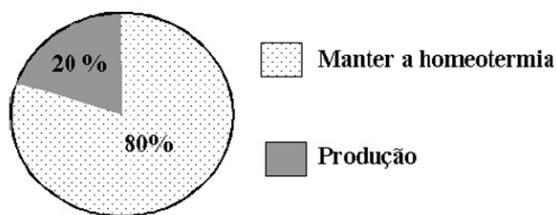


Figura 4. Energia destinada à homeotermia e produção em aves. Fonte: <http://pt.ergomix.com>

Como o consumo de ração é regulado pelo consumo de energia pelas aves é preciso adequar dietas nutricionalmente, promovendo a melhor relação nutriente/energia de acordo com a temperatura ambiente. Aves somente são eficientes em temperaturas elevadas quando estão consumindo adequadamente os nutrientes requisitados, então uma das formas de correção é aumentando a densidade da dieta, mantendo a relação energia/nutriente para atingir os níveis de desempenho desejados na temperatura ambiente que o animal se encontra. O manejo nutricional pode ser também adequado para ambientes em temperatura extrema, [Garcia \(2003\)](#) aconselha arrazoamento a noite para minimizar efeitos das altas temperaturas assim como adequações no programa de luz. De acordo com [Plavnik \(2003\)](#) o consumo de ração se altera em aproximadamente 1,72% para cada 1°C de variação na temperatura ambiental entre 18 e 32°C, e, a queda é muito mais rápida (5% para cada 1°C) em temperaturas de 32 a 38°C. A diminuição do consumo de ração tem efeito no tamanho do ovo, ganho de peso e eficiência alimentar principalmente pela redução no consumo de energia e o peso dos ovos é alterado pela diminuição do consumo de proteína ([Bertechini, 2012](#)).

Uma das formas de diminuir o impacto de altas temperaturas na produção é a correção dos níveis de energia das rações, elevando o consumo de energia metabolizável através do aumento da energia da ração com a utilização de óleos/gorduras e enzimas que incrementam o aproveitamento energético da dieta como amilases, lipases, entre outras ([Bertechini, 2012](#)). A inclusão de gorduras na dieta estimula o consumo pelo aumento da palatabilidade e energia, além de reduzir o incremento calórico na digestão por disponibilizar mais facilmente energia para o organismo. De acordo com [Rabelo et al. \(2007\)](#) a inclusão a partir de 2% de óleo de soja em ração a base de milho e farelo de soja aumentou o peso dos ovos, sugerindo que a suplementação de gordura via dieta estimula a síntese proteica no oviduto influenciada pelo estrógeno plasmático. [Rozenboim et al. \(2007\)](#) ao expor aves durante 12 horas de estresse por calor (42°C) observaram redução de 20% na produção de ovos a partir do segundo dia e cerca de 8% no peso dos ovos com apenas um dia de estresse por calor, provavelmente devido a diminuição da função ovariana indicada pelo declínio de esteroides gonadais no plasma, sem haver diminuição dos níveis de FSH e LH, sugerindo então debilidade direta da função ovariana, [Rozenboim et al. \(2007\)](#) levanta a hipótese de que essa possível redução na função ovariana é pela diminuição do fluxo sanguíneo nos ovários pela mudança do fluxo para as extremidades durante o estresse por calor.

A suplementação de zinco na dieta para poedeiras em ambiente quente é recomendada, pois o íon é cofator da enzima anidrase carbônica responsável pela deposição de cálcio na casca.

A taxa de produção de calor metabólico é reduzida quando as aves são expostas à temperatura elevada. Assim, a taxa de turnover proteico, que representa a síntese e a degradação de proteína, também é influenciada pela temperatura ambiente, pois gera grande quantidade de calor ([Geraert et al., 1996](#), [Teixeira & Baião, 2012](#)). Quando há diminuição da ingestão de alimentos há redução também do consumo de proteínas e assim aminoácidos. Para reverter a deficiência de aminoácidos na dieta, em ambientes quentes deve-se elevar a quantidade de aminoácidos sintéticos na dieta (metionina, lisina e treonina) com o mínimo incremento da proteína para não ocorrer um aumento na produção de calor endógeno gerado pela digestão proteica ([Garcia, 2003](#)). Importante ressaltar que a carência de

proteína acarreta principalmente redução do tamanho do ovo devido a necessidade desta na estrutura do albúmen, sem acarretar diminuição da produção do ovo.

A granulometria, tanto da ração quanto de ingredientes específicos como o cálcio, pode reduzir o impacto das altas temperaturas no desempenho de poedeiras devido a melhor absorção dos nutrientes causada pela redução da taxa de passagem no trato digestivo das aves. O ajuste realizado juntamente com a oferta de ração nos horários mais frios do dia, com adequação do programa de luz, poder-se-á reduzir o efeito deletério da elevada temperatura ambiente na produção de ovos.

Resposta ao estresse por frio

Aves expostas a ambientes abaixo da zona termoneutra também apresentam redução nas taxas de produção. Quando a temperatura ambiental estiver abaixo do limite mínimo de termoneutralidade, vários processos envolvidos na manutenção da temperatura corporal e que geram calor são acionados, especialmente aqueles envolvendo a regulação da temperatura através de processos químicos de regulação térmica, isto é, consumo alimentar e atividade muscular (Garcia, 2003). A participação da musculatura esquelética durante o frio é realizada pelo aumento na produção de calor vinculada aos processos vitais, ao tremor muscular e à redução na taxa de perda de calor corporal para o meio. O aumento do consumo de ração busca aumentar o catabolismo e assim a produção de calor endógeno (Kucuk et al., 2003).

O limite inferior da zona de conforto está em torno de 25° C abaixo da temperatura corporal, ou seja, a ave adulta reage mais ao frio que o calor, por ser mais adaptada a essa situação, porém a eficiência produtiva é diminuída quando exposta a baixas temperaturas com diminuição da taxa de crescimento e produção de ovos (Kucuk et al., 2003).

Achados de Kucuk et al. (2003) mostram que a suplementação de vitamina C e Vitamina E, particularmente como combinação, aumentam o desempenho de poedeiras submetidas a estresse por frio, assim como também funcionar como um potencial preventivo nessas situações.

A literatura brasileira explora muito pouco a situação de estresse de poedeiras comerciais por frio, por este se caracterizar por ser de clima tropical. Além disso, para ser caracterizada como

estresse por frio a temperatura ambiente precisa se encontrar por volta dos 6° C, fenômeno realmente raro em solo brasileiro.

Conclusão

A relação temperatura/nutrição deve ser analisada e levada em consideração na criação de galinhas poedeiras comerciais tendo em vista que a variação da temperatura ambiente regula principalmente o consumo de alimento desencadeando uma série de reações que afetam negativamente a nutrição da ave.

Referências Bibliográficas

- Abreu, J. B. R., Cóser, A. C., Demicis, B. B., Brum, R. P., Sant'ana, N. F., Teixeira, M. C. & Santos, A. M. (2004). Avaliação da produção de matéria seca, relação folha/colmo e composição químico-bromatológica de *Brachiaria humidicola* (rendle), submetida à diferentes idades de rebrota e doses de nitrogênio e potássio. *Revista Universidade Rural: Série Ciência da Vida*, 24, 135-141.
- Abreu, P. G., Abreu, V. M. N., Coldebella, A., Jaenish, F. R. F. & Paiva, D. P. (2007). Condições térmicas ambientais e desempenho de aves criadas em aviários com e sem o uso de forro. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 59, 1014-1020.
- Bertechini, A. G. (2012). *Nutrição de monogástricos*, 2 edn. Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- Carvalho, L. S. S. (2012). Nutrição de poedeiras em clima quente. *Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária*, 9, 1-15.
- Castilho, V. A. R., Garcia, R. G., Lima, N. D. S., Nunes, K. C., Caldara, F. R., Nääs, I. A., Barreto, B. & Jacob, F. G. (2015). Bem-estar de galinhas poedeiras em diferentes densidades de alojamento. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, 9, 122-131.
- Chen, C. L., Sangiah, S., Chen, H., Roder, J. D. & Shen, Y. (1994). Effects of heat stress on Na⁺, K⁺-ATPase, Mg²⁺-activated ATPase, and Na⁺-ATPase activities of broiler chickens vital organs. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A Current Issues*, 41, 345-356.
- Garcia, J. R. M. (2003). Avanços na nutrição da poedeira moderna. *Simpósio sobre manejo e nutrição de aves e suínos*.
- Geraert, P. A., Padilha, J. C. F. & Guillaumin, S. (1996). Metabolic and endocrine changes

- induced by chronic heat exposure in broiler chickens: biological and endocrinological variables. *British Journal of Nutrition*, 75, 205-216.
- Jácome, I. M. T. D., Furtado, D. A., Leal, A. F., Silva, J. H. V. & Moura, J. F. P. (2007). Avaliação de índices de conforto térmico de instalações para poedeiras no nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 11, 527-531.
- Kucuk, O., Sahin, K., Sahin, N., Gursu, M. F., Gulcu, F., Ozcelik, M. & Issi, M. (2003). Egg production, egg quality, and lipid peroxidation status in laying hens maintained at a low ambient temperature (6 deg C) and fed a vitamin C and vitamin E-supplemented diet. *Veterinarni Medicina-Czech*, 48, 33-40.
- Laganá, C., Ribeiro, A. M. L., Gonzalez, F. H. D., Almeida Lacerda, L., Terra, S. R. & Barbosa, P. R. (2005). Suplementação de vitaminas e minerais orgânicos nos parâmetros bioquímicos e hematológicos de frangos de corte em estresse por calor. *Boletim de Indústria Animal*, 62, 157-165.
- Leeson, S., Summers, J. D. & Scott, M. L. (2001). *Nutrition of the chicken*, 4th ed. edn. Guelph University Books, Guelph.
- Maia, A. S. C. & Loureiro, C. M. B. (2005). Sensible and latent heat loss from the body surface of Holstein cows in a tropical environment. *International Journal of Biometeorology*, 50, 17-22.
- Mujahid, A., Akiba, Y. & Toyomizu, M. (2007). Acute heat stress induces oxidative stress and decreases adaptation in young white leghorn cockerels by downregulation of avian uncoupling protein. *Poultry Science*, 86, 364-371.
- Nascimento, G. R., Pereira, D. F., Nääs, I. A. & Rodrigues, L. H. A. (2011). Índice fuzzy de conforto térmico para frangos de corte. *Engenharia Agrícola*, 31, 219-229.
- Naziroglu, M., Sahin, K., Simsek, H., Aydilek, N. & Ertas, O. N. (2000). The effects of food withdrawal and darkening on lipid peroxidation of laying hens in high ambient temperatures. *Deutsche tierärztliche Wochenschrift*, 107, 199-202.
- Oliveira Neto, A. R., Oliveira, R. F. M., Donzele, J. L., Rostagno, H. S., Ferreira, R. A., Maximiano, H. C. & Gasparino, E. (2000). Efeito da temperatura ambiente sobre o desempenho e características de carcaça de frangos de corte alimentados com dieta controlada e dois níveis de energia metabolizável. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 29, 183-190.
- Plavnik, I. (2003). Nutrição de aves em climas quentes. *Conferência Apinco*. Campinas.
- Rabelo, L. S., Borges, A. L. C., Gonçalves, L. C., Machado, G. S., Delgado, L. P., Ferreira, J. J., Borges, I., Rodriguez, N. M., Graça, D. S. & Saliba, E. O. (2007). Composição corporal e exigências nutricionais de macrominerais para novilhas em crescimento das raças Guzerá e Holandesa. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 59, 395-405.
- Rozenboim, I., Tako, E., Gal-Garber, O., Proudman, J. A. & Uni, Z. (2007). The effect of heat stress on ovarian function of laying hens. *Poultry Science*, 86, 1760-1765.
- Shinder, D., Rusal, M., Tanny, J., Druyan, S. & Yahav, S. (2007). Thermoregulatory responses of chicks (*Gallus domesticus*) to low ambient temperatures at an early age. *Poultry Science*, 86, 2200-2209.
- Silva, R. G. (2008). *Biofísica ambiental: os animais e seu ambiente*. FUNEP, Jaboticabal.
- Stringhini, J. H., Jardim Filho, R. M., Pedroso, A. A., Café, M. B., Carvalho, F. B. & Matos, M. S. (2005). Nutrição no período de pré-postura, pico e pós-pico de poedeiras comerciais. *Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícola*. Fundação Avícola de Ciência e Tecnologia Avícolas Santos, Santos.
- Teixeira, M. d. P. F. & Baião, N. C. (2012). Efeito do ambiente térmico sobre a exigência aminoacídica de aves. *Nutritime Revista Eletrônica*, 9, 1693-1703.
- Tinôco, I. F. F. (2001). Avicultura industrial: novos conceitos de materiais, concepções e técnicas construtivas disponíveis para galpões avícolas brasileiros. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, 3, 1-25.
- Yahav, S. (2007). Thermal manipulation during the perinatal period-does it improve thermotolerance and performance of broiler chickens? *Proceedings of the 19th Australian Poultry Science Symposium, Sydney, New South Wales, Australia, 12-14 February 2007*. Poultry Research Foundation, Australian.

Article History

Received 31 August 2016

Accepted 19 September 2016

Available on line 22 October 2016

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cite