



ARIANE RODRIGUES NOGUEIRA

**TERMOGRAFIA INFRAVERMELHO ASSOCIADA À
ENERGIA METABOLIZÁVEL DA RAÇÃO DE POEDEIRAS
COMERCIAIS**

LAVRAS – MG

2019

ARIANE RODRIGUES NOGUEIRA

**TERMOGRAFIA INFRAVERMELHO ASSOCIADA À ENERGIA
METABOLIZÁVEL DA RAÇÃO DE POEDEIRAS COMERCIAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras – UFLA, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Animais Não Ruminantes, para obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Rony Antonio Ferreira
Orientador

LAVRAS – MG

2019

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Nogueira, Ariane Rodrigues.

Termografia infravermelho associada à energia metabolizável
da ração de poedeiras comerciais/ Ariane Rodrigues Nogueira. -
2019.

60 p.: il.

Orientador(a): Rony Antonio Ferreira.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2019.

Bibliografia.

1. Avicultura. 2. Termografia de infravermelho. 3. Energia
metabolizável. I. Ferreira, Rony Antonio. II. Título.

O conteúdo desta obra é de responsabilidade do (a) autor (a) e de seu
orientador (a).

ARIANE RODRIGUES NOGUEIRA

**TERMOGRAFIA INFRAVERMELHO ASSOCIADA À ENERGIA
METABOLIZÁVEL DA RAÇÃO DE POEDEIRAS COMERCIAIS**

**INFRARED THERMOGRAPHY ASSOCIATED WITH THE METABOLIZABLE
ENERGY OF THE FEED OF COMMERCIAL LAYING**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras – UFLA, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Animais Não Ruminantes, para obtenção do título de Mestre.

APROVADO em 22 de março de 2019.

Prof. Dr. Rony Antonio Ferreira – UFLA/DZO

Prof. Dr. Antonio Gilberto Bertechini – UFLA/DZO

Prof. Dr. Édison José Fassani – UFLA/DZO

Prof. Dra. Jaqueline de Oliveira Castro – UFLA/DEG

Dr. Matheus de Paula Reis – UNESP/FCAV Jaboticabal

Prof. Dr. Rony Antonio Ferreira
Orientador

LAVRAS – MG

2019

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus e a Nossa Senhora Aparecida, por me guiar e iluminar durante todo o caminho.

À Universidade Federal de Lavras, onde vivi grandes momentos que proporcionaram enriquecimento profissional e pessoal.

À Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Rony Antonio Ferreira por toda dedicação e conhecimento que me fora proporcionado.

Ao Prof. Dr. Antonio Gilberto Bertechini pelos ensinamentos, conselhos e inestimável confiança.

Ao Prof. Dr. Tadayuki Yanagi Junior pelo apoio e sabedoria que foram um pilar essencial para que este trabalho fosse possível.

Aos membros da banca examinadora pela disponibilidade e contribuições para melhoria deste trabalho.

Aos amigos do Núcleo de Estudos em Ciência e Tecnologia Avícola – NECTA, por todo apoio e companheirismo, tenho certeza que nada disso seria possível sem o trabalho e dedicação de vocês.

À todos os professores, funcionários do Departamento de Zootecnia da UFLA e do Centro de Pesquisa e Tecnologia Avícola, em especial ao Márcio e ao Anderson.

À todos os amigos que se fizeram presente durante toda a caminhada e que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, em especial ao Thiago, Bruna e Rhuan.

Por fim, agradeço aqueles que sempre me apoiaram incondicionalmente e que apostaram em mim mais do que ninguém: minha família!

Muito obrigada!

*“Não há nada a temer, pois você não pode fracassar. Você só pode aprender, crescer e se tornar melhor do que já foi.” – **Hal Elrod***

RESUMO

Para auxiliar na implantação de estratégias de alimentação e técnicas que promovam saúde e o conforto animal, novas ferramentas tem sido inseridas na produção animal, dentre elas destaca-se a termografia de infravermelho (TIV), uma técnica de diagnóstico por imagem capaz de avaliar a distribuição da temperatura superficial. O objetivo neste trabalho foi avaliar a eficiência da TIV para detectar variações nas temperaturas superficiais provocadas por modificações na atividade metabólica, em função do teor de energia da ração de galinhas poedeiras comerciais em condições de campo. Foram utilizadas 384 galinhas da linhagem Lohmann Lsl-Lite com 22 semanas de idade, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado, composto por quatro tratamentos e oito repetições de 12 aves cada. Os tratamentos consistiam em rações contendo diferentes teores de energia metabolizável (EM) (2,600; 2,750; 2,900 e 3,050 kcal/kg). Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Foi utilizado o esquema de parcelas subdivididas no tempo com três períodos de avaliação de 21 dias cada (split-plot in time). Em casos de diferenças significativas as médias foram comparadas pelo teste de Tukey (5%). No caso de efeito significativo da regressão polinomial linear das variáveis foi feita a equação de regressão. Posteriormente foi realizada uma correlação simples de Pearson entre as variáveis de temperatura superficiais das aves e a temperatura ambiental. Os teores de energia estudados não influenciaram ($P>0,05$) as temperaturas cloacal e superficial, tampouco os resultados de hemogasometria. Houve correlação positiva entre a temperatura do ar com as temperaturas do corpo, da cabeça, da perna e do olho ($P<0,05$). Com o aumento do teor de EM, houve redução no consumo de ração ($P<0,05$) e melhora das conversões alimentares por massa e por dúzia de ovos ($P<0,05$), com efeito linear para estas variáveis. Com o aumento dos teores de EM da ração, houve redução ($P<0,05$) na coloração da gema e no peso específico dos ovos. Os diferentes teores de energia alteraram ($P<0,05$) os constituintes do ovo. A maior porcentagem de casca foi observada nos ovos das aves que receberam as rações que continham 2,900 e 2,750 kcal EM/kg. O albúmen apresentou maiores proporções nos ovos das aves que receberam o maior teor de EM e a porcentagem de gema foi maior nos ovos das aves que receberam a ração com 2,750 kcal EM/kg. Com o uso da TIV não foi possível identificar alterações nas temperaturas superficiais provocadas por modificações na atividade metabólica das galinhas poedeiras alimentadas com rações contendo diferentes teores de energia metabolizável.

Palavras-chave: Avicultura. Galinhas em postura. Metabolismo. Temperatura corporal. Termograma.

ABSTRACT

To assist in the implementation of feeding strategies and techniques that promote health and animal comfort, new tools have been inserted in animal production, among them the infrared thermography (IRT), an imaging diagnostic technique capable of evaluating the surface temperature distribution. The objective of this work was to evaluate the efficiency of IRT to detect variations in the surface temperatures caused by modifications in the metabolic activity, as a function of the energy content of the commercial hens ration under field conditions. A total of 384 22-week-old Lohmann Lsl-Lite hens, distributed in a completely randomized design, consisting of four treatments and eight replicates of 12 birds each were used. The treatments consisted of diets containing different amounts of metabolizable energy (ME) (2,600, 2,750, 2,900 and 3,050 kcal / kg). The results were submitted to analysis of variance (ANOVA). The split-plot in time scheme was used with three evaluation periods of 21 days each. In cases of significant differences the means were compared by the Tukey test (5%). In the case of a significant effect of the linear polynomial regression of the variables the regression equation was made. Subsequently a simple Pearson correlation was performed between the temperature variables of the birds and the ambient temperature. The energy content studied did not influence the cloacal and superficial temperatures ($P > 0.05$) or hemogasometry results. There was a positive correlation between air temperature and body, head, leg and eye temperatures ($P < 0.05$). With the increase in the ME content, there was a reduction in feed intake ($P < 0.05$) and improvement in feed conversion by mass and dozen eggs ($P < 0.05$), with linear effect for these variables. With the increase of ME contents of the feed, there was a reduction ($P < 0.05$) in the yolk color and the specific gravity of the eggs. The different energy contents affected ($P < 0.05$) the constituents of the egg. The highest percentage of eggshell was observed in the eggs of the birds that received the rations containing 2,900 and 2,750 kcal ME / kg. Albumin was present in higher proportions in the eggs of the birds that received the highest ME content and the percentage of yolk was higher in the eggs of the birds that received the feed with 2,750 kcal ME / kg. With the use of IRT it was not possible to identify changes in the surface temperatures caused by modifications in the metabolic activity of laying hens fed diets containing different levels of metabolizable energy.

Keywords: Body temperature. Laying hens. Metabolism. Poultry. Thermogram.

Resumo Interpretativo e Resumo Gráfico

Elaborado por **Ariane Rodrigues Nogueira** e orientada por **Rony Antonio Ferreira**

No Brasil, os sistemas de criação de galinhas poedeiras predominantes são em instalações abertas. A grande maioria desses sistemas de criação não possuem controle das variáveis ambientais deixando as aves mais susceptíveis a variações climáticas, levando ao desconforto térmico, principalmente por calor. Variações climáticas afetam principalmente o consumo de ração, resultando em baixo desempenho produtivo e piora na qualidade dos ovos. Desta forma novas ferramentas têm sido inseridas na produção animal, dentre elas destaca-se a termografia de infravermelho (TIV). Esta técnica de diagnóstico por imagem auxilia na avaliação do impacto das condições ambientais e fisiológicas sobre o bem-estar animal. Fornece imagens para melhor compreensão da termorregulação em razão das alterações na temperatura superficial.

O objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência da TIV para detectar variações nas temperaturas superficiais provocadas por modificações na atividade metabólica de galinhas poedeiras comerciais criadas em condições de campo, em função dos teores de energia metabolizável presentes nas rações. As temperaturas superficiais avaliadas por meio da TIV, não apresentaram diferenças entre os tratamentos experimentais, estas se correlacionaram positivamente com a temperatura ambiental. Uma estimativa precisa da produção de calor pode permitir a formulação de dietas adequadas para as diferentes condições climáticas. Fazem-se necessários mais estudos como este para auxiliar na tomada de decisão em alterar ou não fatores como as rações para que estas estimulem o consumo das aves, e as mesmas não sofram danos devido às variações climáticas.



Diferentes teores de energia metabolizável presentes nas rações fornecidas para galinhas poedeiras de linhagem comercial em condição de campo, avaliadas por uma câmera termográfica.

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

- Figura 1 - Imagem termográfica da galinha poedeira avaliada por meio do software *FLUKE*[®], para determinação da temperatura média da cabeça, corpo e olho. 37
- Figura 2 - Imagem termográfica da galinha poedeira avaliada por meio do software *FLUKE*[®], para determinação da temperatura das pernas. 37

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Composição das dietas experimentais de galinhas poedeiras com diferentes teores de energia metabolizável 35
- Tabela 2 - Valores de temperatura e de umidade relativa do ar, assim como cálculo do índice de temperatura e umidade (ITU) e do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) durante os três ciclos de avaliação..... 41
- Tabela 3 - Pressão parcial de gás carbônico (PCO_2), taxa de saturação de oxigênio (sO_2), potencial hidrogeniônico (pH), pressão parcial oxigênio (PO_2), bicarbonato (HCO_3^-) e dióxido de carbono total (tCO_2), em sangue venoso de poedeiras comerciais que receberam rações com diferentes teores de energia metabolizável 42
- Tabela 4 - Temperatura cloacal e superficial da cabeça, corpo, perna e olho ($^{\circ}C$) das poedeiras comerciais recebendo diferentes teores de energia metabolizável (EM) na ração no período da manhã e da tarde..... 42
- Tabela 5 - Coeficientes de correlação de Pearson entre a temperatura ambiental e as temperaturas superficiais de poedeiras comerciais recebendo rações com diferentes teores de energia metabolizável 43
- Tabela 6 - Resultados de consumo de ração (g/ave/dia), porcentagem de postura (%), peso médio do ovo (g), conversão alimentar (kg/kg e kg/dz), consumo de energia (kcal/ave/dia) e consumo de proteína (g/ave/dia) de galinhas poedeiras recebendo rações contendo diferentes teores de energia metabolizável durante a fase de postura..... 44
- Tabela 7 - Resultados de cor da gema, espessura da casca (mm), Unidade Haugh (UH), peso específico (g/cm^3), porcentagem de casca (%), porcentagem de albúmen (%) e porcentagem de gema (%) de ovos de galinhas poedeiras alimentadas com dietas contendo diferentes teores de energia metabolizável 45

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE

1.	INTRODUÇÃO.....	13
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	Termografia Infravermelho na Avicultura	14
2.2	Termorregulação das aves	17
2.3	Energia.....	21
2.3.1	Energia metabolizável e desempenho produtivo	22
	REFERÊNCIAS	25

SEGUNDA PARTE

	ARTIGO: TERMOGRAFIA INFRAVERMELHO ASSOCIADA À ENERGIA METABOLIZÁVEL DA RAÇÃO DE POEDEIRAS COMERCIAIS.....	29
1.	INTRODUÇÃO.....	31
2.	MATERIAL E MÉTODOS	32
2.1	Localização e período experimental.....	32
2.2	Instalações e equipamentos	32
2.3	Aves e manejo experimental	33
2.4	Delineamento e tratamentos experimentais	34
2.5	Variáveis estudadas	35
2.5.1	Parâmetros fisiológicos.....	35
2.5.2	Desempenho produtivo.....	38
2.5.3	Qualidade dos ovos	39
2.4	Análises estatísticas.....	40
3.	RESULTADOS	41
4.	DISCUSSÃO	46
5.	CONCLUSÃO	55
	REFERÊNCIAS	56

PRIMEIRA PARTE

1. INTRODUÇÃO

O setor avícola de postura tem apresentado um crescimento significativo nos últimos anos, devido à utilização de linhagens comerciais melhoradas geneticamente, associadas à boa nutrição e manejo sanitário adequado (NEVES, 2018). De acordo com dados da Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA, 2018), no ano de 2017 a produção de ovos atingiu a marca de 39,9 bilhões de unidades e o consumo chegou a 192 unidades per capita.

No Brasil, os sistemas de criação de galinhas poedeiras predominantes são em instalações abertas. Segundo Donato et al. (2009), este tipo de instalação é mais utilizado por pequenos e médios produtores, onde ainda os investimentos relacionados a ambiência e ao bem-estar são poucos. Esse sistema de criação não possui controle das variáveis ambientais deixando as aves mais susceptíveis a condições de variações climáticas, levando ao desconforto térmico, principalmente por calor. Já quando se trata de cadeias produtivas maiores, os mesmos realizam as adequações das instalações automatizando e climatizando-as.

Segundo Lara e Rostagno (2013), diferentes estratégias para minimizar os impactos referentes ao estresse térmico têm sido abordadas, como manipulação da nutrição, gestão ambiental e suplementação de água com eletrólitos. As variações climáticas afetam principalmente o consumo de ração, resultando em baixo desempenho produtivo e consequentemente, afetando a qualidade dos ovos. Desse modo, a utilização de rações mais densas vem sendo uma prática utilizada para compensar a redução do consumo de ração que pode também, ser regulado pelo teor de energia da ração (ROSNIECEK et al., 2015).

Para auxiliar na implantação de estratégias de alimentação e técnicas que promovam saúde e o conforto animal, novas ferramentas tem sido inseridas na produção animal. Dentre as tecnologias disponíveis destaca-se a termografia de infravermelho (TIV), uma técnica de diagnóstico por imagem capaz de mensurar a temperatura superficial da ave. A energia é capturada por uma câmera termográfica gerando imagens que são expressas em um padrão de cores (KNUPP, 2010).

O principal benefício da utilização desta tecnologia na produção animal está relacionado ao fato de não ser uma técnica invasiva, podendo ser usada sem a necessidade de captura dos animais. A câmera termográfica auxilia na avaliação do impacto das condições ambientais e fisiológicas sobre o bem-estar animal, fornecendo imagens para melhor compreensão da termorregulação em razão das alterações na temperatura superficial.

Para se adequar as novas tecnologias presentes no mercado, é necessário obter conhecimento específico das respostas fisiológicas e comportamentais das aves criadas em condições de campo frente a variações climáticas, visto que as mesmas são sensíveis a alterações na temperatura, o que prejudica o seu desempenho produtivo (LARA E ROSTAGNO, 2013).

Neste sentido a validação da TIV como tecnologia para diagnóstico de estresse em poedeiras comerciais, por meio da detecção de padrões alterados de fluxo sanguíneo e elevação da temperatura superficial, poderá proporcionar melhoria nos sistemas de produção por meio da identificação prévia de perdas produtivas antecipando decisões do produtor para minimizar futuros problemas.

Desta forma, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a eficiência da TIV para detectar variações nas temperaturas superficiais provocadas por modificações na atividade metabólica, em função do teor de energia da ração de galinhas poedeiras comerciais em condições de campo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Termografia infravermelho na avicultura

Inúmeros fatores podem gerar estresse sobre os animais prejudicando o bem-estar dos mesmos. Dentre eles as condições térmicas adversas e a interferência humana durante o manejo prejudicam de forma significativa o desempenho. Deve ser constante a busca por métodos não invasivos para avaliação das condições físicas dos animais em conjunto com o controle das instalações, principalmente em sistemas de criação abertos ou parcialmente abertos como é a realidade do Brasil.

A busca por indicadores baseados no estado emocional dos animais com a finalidade de avaliar o seu bem-estar tem sido constante nos últimos anos. As alterações fisiológicas são utilizadas para detectar indiretamente as emoções. Segundo Moe et al. (2017), tem sido documentado que o estresse psicológico e a excitação emocional desencadeiam vasoconstrição cutânea, levando à queda rápida da temperatura da pele. Como consequência a queda é acompanhada por aumento da temperatura do núcleo corporal, levando à vasodilatação periférica, a fim de dissipar o excesso de calor, resultando em um aumento na temperatura superficial. Esta resposta termorreguladora é denominada hipertermia induzida

pelo estresse, febre psicogênica ou febre emocional, esta pode ser encontrada em galinhas poedeiras.

Dentre as inúmeras tecnologias disponíveis para auxiliar na avaliação da resposta fisiológica dos animais frente a condições térmicas adversas ou quando estes são alimentados com diferentes rações, destaca-se a termografia de infravermelho (TIV). Esta tecnologia de diagnóstico por imagem é capaz de mensurar a temperatura por meio da detecção da radiação infravermelha. Qualquer corpo ou objeto que apresente temperatura acima de zero absoluto emite radiação infravermelha devido à movimentação interna das moléculas, esta é capturada por uma câmera termográfica gerando imagens (termogramas) que são expressas em um padrão de cores (KNUPP, 2010).

As cores são utilizadas para representar visualmente diferentes quantidades de energia presente no corpo em estudo, representando desta forma a quantidade de calor em cada região da imagem (DE MEIRA et al., 2014). Em relação aos seres vivos, a emissividade sofre influência de alguns fatores como a presença de ar, umidade e circulação sanguínea. Considera-se que à medida que a circulação sanguínea periférica aumenta, a emissividade da radiação também aumenta, sendo perceptível no termograma. O aparelho demonstra a região em que ocorre a alteração como sendo a que apresenta uma temperatura mais alta em relação às circunvizinhas, através do espectro de cores aplicado às imagens (DE LIMA et al., 2013).

A utilização de câmeras termográficas surge então como uma alternativa a outras tecnologias, apresentando algumas vantagens, por fornecer imagens térmicas bidimensionais, sendo possível a comparação da temperatura entre diferentes áreas da superfície do corpo da ave. Dessa maneira ela possibilita a digitalização de imagens em tempo real das fontes de calor e de corpos em movimento, tornando-se assim uma opção com grande potencial de aplicação na produção animal (GADE e MOESLUND, 2014). Além disso, a TIV tem sido utilizada como tecnologia de diagnóstico de doenças e infecções, disfunções metabólicas, na avaliação do conforto térmico e no auxílio da compreensão da termorregulação (MCMANUS et al., 2016).

Por meio da TIV é possível monitorar de forma eficiente a atividade metabólica dos animais através da temperatura superficial, analisando o fluxo de calor de forma qualitativa e, ou, quantitativa, apresentando grande importância para o entendimento sobre os processos termorregulatórios. Para uma abordagem superficial é utilizada a análise qualitativa, onde apenas pela observação dos termogramas se avalia o corpo em estudo. Por sua vez, para a análise quantitativa, são calculadas as temperaturas superficiais por meio das imagens

térmicas e parâmetros analíticos, sendo toda a informação processada por softwares de análise (REBELO, 2017).

Nascimento et al. (2014), trabalhando com frangos de corte, afirmaram que com a utilização da TIV, é possível estimar a dissipação de calor sensível e avaliar o conforto térmico dos animais. Eles avaliaram o conforto térmico de frangos de corte criados em duas instalações com diferentes sistemas de climatização. Os mesmos correlacionaram as temperaturas superficiais das aves com as condições climáticas da instalação, para estimar a dissipação de calor sensível dos animais com o auxílio da câmera termográfica.

Para avaliar a viabilidade da termografia infravermelho, Ferreira et al. (2011) registraram a produção de calor metabólico de pintinhos recebendo rações com dois teores de energia, uma dieta controle com 2.950 kcal/kg e uma dieta de alta energia 3.950 kcal/kg. Os mesmos identificaram de forma efetiva a atividade metabólica dos animais, proporcionando diferença da temperatura média superficial.

Giloh et al. (2012), encontraram correlação positiva entre a temperatura do núcleo do corpo e a temperatura superficial registrada pela câmera termográfica, indicando benefícios na utilização desta tecnologia, especialmente para o controle térmico de grupos de aves. Da mesma forma em um estudo realizado por Camerini et al. (2016), os autores verificaram que o uso da TIV possibilitou conhecer de maneira direta a distribuição da temperatura superficial de galinhas poedeiras comerciais, criadas em dois sistemas de criação.

Com o objetivo de avaliar os efeitos de diferentes teores de energia metabolizável e proteína bruta sobre a temperatura superficial de codornas europeias (*Coturnix coturnix coturnix*), Ribeiro et al. (2016), utilizaram a TIV e constataram que durante o estresse calórico houve aumento do fluxo sanguíneo para a superfície do corpo da ave no intuito de dissipar calor. Observaram também que houve maior capacidade das aves em dissipar calor no turno da manhã com os tratamentos que continham 21% de PB e 3050 kcal de EM/kg, 22 % de PB e 3050 kcal de EM/kg, respectivamente.

Entretanto podem ocorrer erros durante a aferição da temperatura, podendo levar a conclusões errôneas (SCHUETZ e WEILER, 2011). Assim, faz-se necessário, verificar a correta emissividade do corpo em estudo, a distância entre o corpo e a câmera, a temperatura ambiente e a influência da radiação que chega ao detector da câmera. Dentre esses parâmetros a emissividade é um importante ponto a ser levado em consideração, sendo esta a habilidade que um corpo possui em emitir energia, onde o valor é influenciado por diversos fatores, tais como a orientação, a condição da superfície, a temperatura ambiental, o comprimento de onda da radiação e o tipo de material que constitui o corpo em estudo.

Outro importante parâmetro é a distância entre a câmera termográfica e o corpo em estudo. O indicado é verificar a distância na primeira avaliação para repetir sempre a mesma distância nos exames seguintes (MALDAGUE et al., 2002). Ao realizar o procedimento deve-se atentar ao posicionando do equipamento, de modo que não fique muito distante do corpo ou objeto que se deseja obter a imagem, pois ocorrerá a perda da resolução da mesma, visto que as temperaturas são fornecidas para cada pixel da imagem (DE LIMA et al., 2013). Caso ocorram variações na distância de aquisição das imagens, esta pode comprometer as avaliações comparativas.

Como condição necessária para alcançar um diagnóstico preciso, é necessário que a avaliação termográfica seja realizada por profissional treinado para correta mensuração e análise dos termogramas. Desta forma, o uso desta técnica de análise digital de imagens, contribui para a avaliação do comportamento animal e, conseqüentemente, também para a avaliação do ambiente interno de criação, utilizando os próprios animais como biossensores (COELHO et al., 2018). A utilização da TIV surge como uma alternativa para determinar o impacto das condições ambientais na produção animal, auxiliando na tomada de decisão e promovendo a saúde e o bem-estar dos animais (GADE e MOESLUND, 2014).

2.2 Termorregulação das aves

As aves são animais homeotérmicos e dispõem de um centro termorregulador localizado no hipotálamo, capaz de manter a temperatura corporal independente do meio externo, este mecanismo de controle é realizado por meio de respostas comportamentais e mecanismos fisiológicos mediante termogênese e termólise (SARTORI et al., 2001). Esses mecanismos são ativados por células especializadas que funcionam como termorreceptores periféricos, captando as sensações de frio e de calor e levando-as ao sistema nervoso central, como revisado por Ferreira (2016).

A temperatura do ambiente está relacionada ao conforto térmico, onde a zona de termoneutralidade é necessária para que a ave possa expressar todo o seu potencial genético e haja maior aproveitamento dos nutrientes da ração (MELO et al., 2016). De acordo com os autores o conforto térmico é a faixa de temperatura ambiental na qual as aves utilizam a mínima quantidade de energia para a manutenção da temperatura corporal, permitindo-lhes atingir o máximo desempenho.

Segundo Sakomura et al. (2014), a exigência de energia é particionada primeiramente para manutenção e depois para produção de ovos. Em situações onde as aves são mantidas em

estresse por calor, grande parte da energia é utilizada para a manutenção da homeotermia afetando, portanto, o desempenho produtivo das aves. A adição de óleo a ração de poedeiras influencia a partição de energia, onde uma maior energia líquida é utilizada para a produção de ovos em situações de estresse térmico (LEESON et al., 1996).

As galinhas poedeiras são extremamente exigentes quanto aos limites das variáveis climáticas durante a fase de produção. Segundo o Manual da linhagem Lohmann (MANAGEMENT GUIDE LOHMANN LSL LITE), a temperatura ambiental ideal para a fase de produção está entre 18°C e 20°C, e a umidade relativa do ar deve ficar entre 50 a 70%. Em relação a temperatura cloacal, em condição de conforto térmico esta é geralmente entre 40,5°C a 41,5°C (DAGHIR, 2008).

Quando as aves são submetidas ao calor, realizam as trocas térmicas com o meio através de ações comportamentais e respostas fisiológicas. De acordo com Abreu et al. (2011), entre as respostas comportamentais destacam-se a abertura das asas a fim de aumentar a área de superfície corporal, aumento da ingestão de água e redução do consumo de ração. Dentre os mecanismos fisiológicos que ocorrem em resposta ao estresse por calor, ocorre o aumento do fluxo sanguíneo para as regiões periféricas do corpo (vasodilatação) que não possuem cobertura de penas e aumento da taxa de evaporação pelo trato respiratório.

Segundo Castilho et al. (2015), existem dois tipos de trocas térmicas com o meio ambiente: a troca latente (evaporação) por meio da ofegação, uma vez que as aves não possuem glândulas sudoríparas e as trocas sensíveis (radiação, condução e convecção), onde é necessário um gradiente de temperatura entre a superfície do corpo do animal e o ambiente.

A dissipação de calor por meio da alteração na taxa de evaporação, não depende da diferença entre a temperatura corporal das aves e do ambiente, dependendo somente da pressão de vapor de água do ar. Quanto maior for a umidade do ambiente, menor será a dissipação, pois o calor dissipa por meio da evaporação (NASCIMENTO e SILVA, 2009).

A dissipação sensível através da vasodilatação periférica é eficiente em áreas sem empenamento e ricamente vascularizadas, sendo menos eficiente em regiões do corpo que possuem penas e funcionam, portanto como isolante térmico. Segundo Loyau et al. (2016), as temperaturas superficiais de áreas sem empenamento podem ser usadas como parâmetro para avaliação do conforto térmico dos animais pois, elas variam de acordo com as mudanças ambientais. Aves mantidas em ambientes quentes apresentam maiores temperaturas superficiais em crista, barbelas, asas e pés do que em regiões empenadas como cabeça, dorso, peito e coxa (MOE et al., 2012).

Avaliando aves submetidas a situações de conforto e estresse por calor, criadas em gaiolas, Barbosa Filho et al. (2006) verificaram aumento da frequência respiratória quando estas foram expostas a altas temperaturas, comparadas a situação de conforto térmico. Os autores verificaram valores de 180 a 200 movimentos por minuto (mov/min) em ambiente com temperatura de 26°C e umidade relativa do ar de 60%, passando para 300 a 320 mov/min, em ambiente com temperatura de 35°C e umidade relativa do ar igual 70%.

Quando expostas ao frio, as aves apresentam melhor capacidade responsiva quando comparado a exposição ao calor. O material genético utilizado pelas grandes empresas brasileiras tem origem de países de clima temperado e as penas também influenciam na dissipação de calor (NASCIMENTO e SILVA, 2009). Segundo Abreu et al. (2011), algumas respostas comportamentais quando as aves são expostas ao frio são: aumento do consumo de ração, redução na ingestão de água e refugiam-se do vento.

Dentre os processos fisiológicos quando estas são expostas ao estresse por frio, podem ser citadas a vasoconstrição periférica e o aumento da pressão sanguínea devido à aceleração dos movimentos cardíacos, fazendo com que ocorra a transferência do calor oriundo do núcleo corporal para a periferia de forma mais rápida (SWENSON e REECE, 1993). O frio também provoca aumento da atividade da glândula tireoide, levando à maior taxa metabólica das aves e como consequência, da produção de calor (SANTANA et al., 2017).

Em condições climáticas brasileiras, a atenção está voltada para o estresse por calor. A palavra estresse está relacionada ao conjunto de reações fisiológicas e alterações comportamentais que ocorrem com os animais na tentativa de adaptação a novas situações, as quais podem levar a um desequilíbrio no organismo dependendo da intensidade e duração do estresse. Segundo Nascimento e Silva (2009), estas alterações influenciam negativamente o desempenho produtivo.

O aumento da frequência respiratória é considerado um fator que ocasiona alterações sensíveis no sistema sanguíneo. Este mecanismo de dissipação de calor provoca hiperventilação pulmonar, levando a perdas excessivas de dióxido de carbono (CO_2) do sangue. Desta forma, a pressão parcial de CO_2 (pCO_2) diminui, podendo levar à queda na concentração de ácido carbônico (H_2CO_3) e hidrogênio (H^+). Inicialmente a concentração de bicarbonato (HCO_3^-) no plasma sanguíneo permanece inalterada, no entanto reações tamponantes ocorrem imediatamente. Os rins aumentam a excreção de HCO_3^- e reduzem a excreção de H^+ na tentativa de manter o equilíbrio ácido-básico. Quando o equilíbrio ácido-base não é reestabelecido, tem-se o aumento do pH sanguíneo, levando ao quadro de alcalose respiratória (BORGES et al., 2003).

Esta por sua vez, influencia no equilíbrio eletrolítico e mineral em galinhas poedeiras. Com o decréscimo dos níveis de CO_2 , ocorre uma descarga de ácidos orgânicos no sangue para compensar o desequilíbrio ácido-básico, estes se complexam com o cálcio reduzindo, portanto a quantidade de cálcio livre ou ionizado que seria utilizado na formação da casca dos ovos. Como consequência da redução dos níveis de CO_2 e do cálcio livre, têm-se ovos de menor espessura de casca, pois os mesmos são importante na formação do carbonato de cálcio (CaCO_3), principal constituinte presente na composição da casca do ovo (BORGES et al., 2003).

Em um estudo feito por Allahverdi et al. (2013), foi avaliado o efeito do estresse por calor sobre o desequilíbrio ácido-base, concentração plasmática de Ca, produção de ovos e a qualidade dos ovos de galinhas poedeiras comerciais, com 40 semanas de idade. Os autores concluíram que as aves expostas a uma temperatura de 22 a 36°C apresentaram redução na concentração de Ca, aumento no nível de pH e diminuição na produção. A qualidade dos ovos, como o peso do ovo, peso da casca, espessura da casca e peso específico foram significativamente reduzidos em relação ao grupo controle, mantidos de 20 a 26°C.

Segundo Oliveira et al. (2014), galinhas poedeiras afetadas por alterações no equilíbrio ácido básico, devido à exposição ao calor, podem produzir ovos com casca mais fina, pois altera o metabolismo do cálcio durante o processo de formação da casca. Outro fator importante devido a exposição a altas temperaturas que limita da disponibilidade de cálcio no sangue para a formação da casca do ovo é a redução no consumo de cálcio, via ração. De acordo com Pereira et al. (2008), houve uma correlação entre a temperatura ambiente e a qualidade de ovos de duas linhagens de poedeiras comerciais. Com o aumento da temperatura do ar, houve formação de ovos de menor porcentagem e peso de casca bem como valores de peso específico.

Desta forma, o aumento da temperatura ambiente é considerado um importante fator quando se trata da qualidade dos ovos. Pode ser observada queda gradativa na qualidade da casca quando as aves são expostas a temperaturas elevadas, sendo o seu efeito evidenciado a partir de 26°C, logo acima da zona de conforto das aves (FERNANDES, 2013).

Estima-se que 10 a 15% dos ovos produzidos por poedeiras comerciais sejam perdidos por apresentarem má qualidade de casca, determinando perdas significativas para a indústria de produção de ovos. Além do prejuízo econômico o aspecto sanitário é outro fator importante, uma vez que casca com espessura e resistência adequadas, protege o ovo de contaminações (COUTTS et al., 2007).

A alternativa para prevenir estas alterações relacionadas a variações climáticas seria fornecer aos animais um ambiente adequado no interior das instalações respeitando a zona de conforto térmico, onde os mesmos não terão necessidade de realizar ajustes comportamentais ou fisiológicos para manter sua temperatura corporal. Desta forma, proporcionando condições ambientais adequadas e uma nutrição balanceada, as aves apresentarão máximo desempenho produtivo.

2.3 Energia

A energia é considerada produto da oxidação de nutrientes disponibilizados via ração ao organismo e pode ser definida como a capacidade de realização de trabalho. Parte da energia ingerida por meio da ração é utilizada no organismo para a manutenção das funções vitais, realização de trabalho, como atividade muscular, ou para geração de calor, como regulação da temperatura corporal e processos metabólicos. A energia excedente pode ser armazenada ou direcionada para as funções produtivas, como ganho de peso e produção de ovos (LESSON et al., 1996).

A quantidade de energia em rações para aves é um ponto decisivo que influencia o consumo de ração, o desempenho e a produção de ovos, e serve como base nas matrizes nutricionais de programas de formulação de rações. A energia representa a soma das propriedades de todos os nutrientes, caracterizando-se pelo valor total da energia liberada pelos nutrientes durante a oxidação metabólica (NRC, 1994).

O conceito de energia na avicultura é particionado sendo expresso de diferentes formas: energia bruta (EB), energia digestível (ED), energia metabolizável aparente (EMA), energia metabolizável verdadeira (EMV) e energia líquida (EL) (BERTECHINI, 2013).

A energia bruta está contida nos alimentos, sendo determinada em laboratório por meio da bomba calorimétrica. Esta energia não é utilizada em formulações por não ser completamente utilizada pelas aves, pois algumas frações são eliminadas por diferentes vias. A energia dos alimentos que é utilizada pelo organismo começa a ser considerada nos cálculos dos valores de energia digestível. Esta é a diferença entre a energia bruta do alimento menos a energia liberada nas fezes. No entanto, as aves excretam fezes junto com a urina, desta forma uma parcela da energia não metabolizada é expelida via urina e, portanto não é contabilizada (SAKOMURA & ROSTAGNO, 2007).

A energia metabolizável é a principal partição energética utilizada nas formulações de rações para aves. Esta é obtida pela diferença entre a energia bruta do ingrediente e a energia

bruta perdida nas fezes, urina e gases produzidos na digestão. Em aves, a energia perdida na forma de gases é muito baixa, tendo sido desprezada nos cálculos da energia metabolizável (SAKOMURA & ROSTAGNO, 2007).

Por fim, tem-se a energia líquida, obtida pela diferença entre energia metabolizável e o incremento calórico, que representa a energia liberada nos processos de digestão e metabolismo dos nutrientes (SAKOMURA et al., 2014). Essa energia é a efetivamente utilizada pelas aves para manutenção e produção.

2.3.1 Energia metabolizável e desempenho produtivo

A interação da temperatura ambiental com o consumo de ração e o desempenho produtivo são fatores que devem ser levados em consideração ao se formular rações para galinhas poedeiras em diferentes instalações, regiões e estações do ano. Segundo LEESON & SUMMERS (2008), quando as aves são criadas em condições de conforto térmico, o consumo pode variar de acordo com a produção de ovos e/ou idade, porém a cada 1°C de elevação da temperatura ambiente, ocorre redução média de 1,5% no consumo de ração.

A ave reduz o consumo de ração quando a temperatura ambiental se eleva na tentativa de reduzir os substratos metabólicos ou combustíveis disponíveis para o metabolismo, funcionando como um meio de reduzir a produção de calor (BELAY & TEETER, 1993). Adicionalmente quanto maior for o teor de energia do alimento, menor será o consumo, ocorrendo o inverso quando os teores de energia estiverem reduzidos (ROSNIECEK et al., 2015).

Diversos ingredientes podem ser utilizados para fornecer a energia necessária para o máximo desempenho das aves, como o milho, óleos vegetais e a gordura animal. Um dos ingredientes mais utilizados para galinhas poedeiras é o óleo de soja. De acordo com Araujo (2017), este apresenta em sua composição cerca de 85% de ácidos graxos insaturados, contendo principalmente alto teor de ácido linoleico, sendo considerado, portanto uma fonte lipídica de alta digestibilidade. Segundo o autor o óleo de soja contém elevado nível de fosfolipídios (lecitina), emulsificante que auxilia na digestão de gorduras e na absorção da vitamina E, considerada um antioxidante natural capaz de evitar a rancificação rápida do próprio óleo.

A adição de óleos e gorduras para aumentar a energia da dieta contribui para diminuir a produção de calor (DAGHIR, 2008; LEESON; SUMMERS, 2008). Essa produção de calor

da energia da dieta é proveniente da energia metabolizável dos alimentos que compõe a ração (SAKAMOURA; ROSTAGNO, 2007).

Conforme revisado por Bertechini (2013), o efeito benéfico da adição de óleo nas rações de animais submetidos ao estresse por calor está associado a modificações na fisiologia gastrointestinal e ao menor incremento calórico. Entende-se como incremento calórico a energia gasta durante os processos de digestão, absorção e metabolismo dos nutrientes.

Na avicultura de postura a energia está entre os pontos de maior relevância nas formulações de rações, servindo de base para a fixação dos níveis de outros nutrientes como aminoácidos, proteínas, minerais e vitaminas, onde estes são definidos em função do consumo de energia metabolizável (COSTA et al., 2009).

O conhecimento dos valores de energia metabolizável das diferentes fontes lipídicas é de extrema importância, uma vez que o cálculo de energia das rações é feito com base na energia metabolizável (ARAUJO, 2017). Segundo Kang et al. (2018), há uma ampla gama de recomendação de teores de energia na dieta de galinhas poedeiras (2,684 a 2,992 kcal de energia metabolizável/kg). De acordo com Rostagno et al. (2017), os níveis de EMAn exigidos por galinhas poedeiras durante a fase de postura podem ser determinados por meio de uma equação que leva em consideração o peso corporal das aves, o seu ganho de peso diário, a massa de ovo produzida e a temperatura ambiente.

Em um estudo realizado por Peguri et al. (1991), os mesmos avaliaram galinhas poedeiras da linhagem Dekalb White, com 20 semanas de idade, alojadas em ambientes com diferentes temperaturas (16,1; 18,9; 22,2; 25,0; 27,8 e 31,1°C) e alimentadas com rações contendo diferentes teores de EMAn (2,645; 2,755; 2,865 e 2,976 kcal/kg). Os autores observaram que a ingestão de alimento foi 5,9 g menor quando a energia dietética foi aumentada de 2,645 para 2,976 kcal/kg e foram 21,7 g menor quando as temperaturas aumentaram de 16,1 para 31,1°C. A produção de ovos não foi afetada pela temperatura ou pelos níveis energéticos, já o peso do ovo aumentou 0,78 g com o aumento nos teores de energia e diminuiu 3,18 g quando as temperaturas foram aumentadas de 16,1 para 31,1°C. Os mesmos relatam que as dietas foram formuladas para fornecer teores adequados de cálcio, proteína e aminoácidos, desta forma a diferença no peso dos ovos não é devido aos níveis dos ingredientes, mas sim ao nível de ingestão de energia.

Com o objetivo de avaliar o desempenho e a composição dos ovos de galinhas poedeiras, no período de 21 a 36 semanas de idade, Wu et al. (2005) utilizaram quatro teores de EMAn nas rações (2,719; 2,798; 2,877 e 2,959 kcal/kg). O aumento dos níveis de EMAn levou a redução do consumo de ração e ao aumento no peso dos ovos. A conversão alimentar

e conseqüentemente as necessidades de nutrientes para produzir um grama de ovo melhoraram linearmente com o aumento nos níveis de EMAn nas rações. Porém não influenciaram a viabilidade e o peso corporal. A qualidade de casca, medida pelo peso específico, e a medida de Unidade de Haugh pioraram com o aumento dos níveis de EMAn, já o peso da gema aumentou com o aumento da energia da ração.

Ao avaliarem níveis crescentes de óleo de soja (1, 2 e 3%) e teores de energia metabolizável na ração (2,600; 2,750 e 2,900 kcal/kg), sobre o desempenho e qualidade interna e externa dos ovos de poedeiras semipesadas, Costa et al. (2009), não observaram efeito dos teores de energia metabolizável na produção de ovos, conversão alimentar, massa de ovos, peso da gema e da casca, percentagem de gema e de clara, peso específico e ganho de peso. Por outro lado, ao aumentar o nível energético da ração os autores observaram piora na conversão energética e redução no peso do ovo. Segundo os autores o teor de 2600 EM/kg foi o mais adequado para manter a produção e para promover melhoria na conversão energética e aumento no peso do ovo.

Em um estudo realizado por Guzmán et al. (2016), foram avaliados os efeitos de dois teores de energia (2,650 e 2,750 kcal/kg) em rações para galinhas poedeiras da linhagem Lohmann Brown, durante a fase de postura. As aves que receberam a ração com o maior teor de energia apresentaram menor consumo de ração, melhor conversão alimentar e maior ganho de peso quando comparadas às aves alimentadas com baixo teor energético, porém a produção e o peso dos ovos não foram afetados. Resultados semelhantes foram observados por Kang et al. (2018), ao avaliarem o efeito de quatro teores de energia (2,750; 2,850; 2,950 e 3,050 kcal/kg). Os autores concluíram que as poedeiras alimentadas com a dieta contendo alto teor de energia (3.050 kcal/kg), apresentaram efeito positivo no consumo de ração, conversão alimentar, mas não na produção de ovos e massa de ovos.

REFERÊNCIAS

- ABPA. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. Relatório anual de 2017. 2018.
- ABREU, V.M.N; ABREU, P.G.D. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 256, p. 1-14, 2011.
- ALLAHVERDI, A. et al. Effects of heat stress on acid-base imbalance, plasma calcium concentration, egg production and egg quality in commercial layers. **Global Veterinaria**, v. 10, n. 2, p. 203-207, 2013.
- ARAUJO, R. G. A. C. Perfil de ácidos graxos e energia metabolizável aparente de diferentes fontes lipídicas para galinhas poedeiras. 2017.
- BARBOSA FILHO, J. A. D. et al. Egg quality in layers housed in different production systems and submitted to two environmental conditions. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 8, n. 1, p. 23-28, 2006.
- BELAY, T.; TEETER, R. G. Broiler water balance and thermobalance during thermoneutral and high ambient temperature exposure. **Poultry Science**, v. 72, n. 1, p. 116-124, 1993.
- BERTECHINI, Antônio Gilberto. **Nutrição de monogástricos**. Lavras: Ufla, 2013.
- BORGES, S. A; MAIORKA, A; SILVA, A. V. F. Fisiologia do estresse calórico e a utilização de eletrólitos em frangos de corte. **Ciência Rural**, p. 975-981, 2003.
- CAMERINI, N. L. et al. Variação da temperatura superficial de aves poedeiras criadas em dois sistemas de criação utilizando termografia. **Agropecuária Científica No Semiárido**, v. 12, n. 2, p. 145-152, 2016.
- CASTILHO, V. A. R. et al. Bem-estar de galinhas poedeiras em diferentes densidades de alojamento/ Welfare of laying hens in different densities of housing. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 9, n. 2, p. 122-131, 2015.
- COELHO, D. R. et al. Use of analysis and processing of digital images for evaluation and control of animal behavior in hot climates. **Agricultural Engineering International: CIGR Journal**, 2018.
- COSTA, F. G. P. et al. Poedeiras alimentadas com diferentes níveis de energia e óleo de soja na ração. **Archivos de Zootecnia**, v. 58, n. 223, p. 405-411, 2009.
- COUTTS, J. A; WILSON, G. C; FERNANDEZ, S. Optimum egg quality - A practical approach. Sheffield: 5M Enterprises, 2007, 66p
- DAGHIR, N. J. (Ed.). **Poultry production in hot climates**. Cabi, 2008.

DE LIMA, V. et al. Use of infrared thermography to assess the influence of high environmental temperature on rabbits. **Research in Veterinary Science**, v. 95, n. 2, p. 802-810, 2013.

DE MEIRA, L. F. et al. Termografia na área biomédica. **Pan American Journal of Medical Thermology**, v. 1, n. 1, p. 31-41, 2014.

DONATO, D. C. Z. et al. A questão da qualidade no sistema agroindustrial do ovo. In: **47º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural**. 2009.

FERNANDES, E. A. Formação e qualidade da casca de ovos de reprodutoras e poedeiras comerciais. **Medicina Veterinária (UFRPE)**, v. 7, n. 1, p. 35-44, 2013.

FERREIRA, V. M. O. S. et al. Infrared thermography applied to the evaluation of metabolic heat loss of chicks fed with different energy densities. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 13, n. 2, p. 113-118, 2011.

FERREIRA, R. A. Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos. Viçosa MG: **Aprenda Fácil**, 2016.

GADE, R; MOESLUND, T. B. Thermal cameras and applications: A survey. **Machine vision and applications**, v. 25, n. 1, p. 245-262, 2014.

GILOH, M; SHINDER, D; YAHAV, S. Skin surface temperature of broiler chickens is correlated to body core temperature and is indicative of their thermoregulatory status. **Poultry Science**, v. 91, n. 1, p. 175-188, 2012.

GUZMÁN, P. et al. Effect of level of fiber of the rearing phase diets on egg production, digestive tract traits, and body measurements of brown egg-laying hens fed diets differing in energy concentration. **Poultry science**, v. 95, n. 8, p. 1836-1847, 2016.

KANG, H. K. et al. Effect of increasing levels of apparent metabolizable energy on laying hens in barn system. **Asian-Australasian journal of animal sciences**, v. 31, n. 11, p. 1766, 2018.

KNUPP, D. C. Análise Teórico-Experimental de Transferência de Calor em Nanocompósitos via Transformação Integral e Termografia por Infravermelho. 2010. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

LARA, L.; ROSTAGNO, M. Impact of heat stress on poultry production. **Animals**, v. 3, n. 2, p. 356-369, 2013.

LEESON, S.; CASTON, L.; SUMMERS, J. D. Broiler response to diet energy. **Poultry science**, v. 75, n. 4, p. 529-535, 1996.

LEESON, S.; SUMMERS, J. D. Feeding programs for laying hens. In: **Commercial poultry nutrition**. 3. ed. Nottingham:Nottingham University Press, 2008. cap. 4, p. 163-227.

LOYAU, T. et al. Heritability of body surface temperature in hens estimated by infrared thermography at normal or hot temperatures and genetic correlations with egg and feather quality. **Animal**, v. 10, n. 10, p. 1594-1601, 2016.

MALDAGUE, X.; GALMICHE, F.; ZIADI, A. Advances in pulsed phase thermography. **Infrared physics & technology**, v. 43, n. 3-5, p. 175-181, 2002.

MANEGEMENT GUIDE LOHMANN LSL-Lite (s.d). Disponível em <http://www.hylinena.com/UserDocs/products/Lohmann_LSL-Lite.pdf>. Acesso em: 15 de janeiro de 2018.

MCMANUS, C. et al. Concepta et al. Infrared thermography in animal production: An overview. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 123, p. 10-16, 2016.

MELO, A. S. et al. Relação temperatura e nutrição sobre o desempenho de galinhas poedeiras. **PUBVET**, v. 10, p. 795-872, 2016.

MOE, R. O. et al. Peripheral temperature drop in response to anticipation and consumption of a signaled palatable reward in laying hens (*Gallus domesticus*). **Physiology & behavior**, v. 106, n. 4, p. 527-533, 2012.

MOE, R.O. et al. chicks, cold feet. **Physiology & behavior**, v. 179, p. 42-48, 2017.

National Research Council (NRC), 1994. Nutrient Requirements of Poultry. 9th rev. ed. **National Academy Press**, Washington, DC.

NASCIMENTO, G. R. et al. Infrared Thermography In The Estimation Of Thermal Comfort Of Broilers. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 2014.

NASCIMENTO, S. T; DA SILVA, I. J. O. As perdas de calor das aves: entendendo as trocas de calor com o meio. **Revista Avisite**, 2009.

NEVES, J.O. et al. Características sensoriais de ovos de poedeiras semipesadas e leves alimentadas com dietas contendo glicerina bruta. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 19, n. 1, 2018.

OLIVEIRA, D. L. et al. Desempenho e qualidade de ovos de galinhas poedeiras criadas em gaiolas enriquecidas e ambiente controlado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 18, n. 11, 2014.

PEGURI, A; COON, C. Effect of temperature and dietary energy on layer performance. **Poultry science**, v. 70, n. 1, p. 126-138, 1991.

PEREIRA, D. F. et al. Correlations between thermal environment and egg quality of two layer commercial strains. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 10, n. 2, p. 81-88, 2008.

REBELO, D. F. Avaliação quantitativa dos resultados da termografia de infravermelhos aplicada ao estudo da umidade. Trabalho de Dissertação, Universidade do Porto, 2017.

RIBEIRO, T. L. A. et al. Diferentes níveis de proteína e energia sobre o comportamento fisiológico e desempenho de codornas europeias no semiárido brasileiro. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 4, n. 3, p. 76-83, 2016.

ROSNIECEK, M. et al. Níveis de energia metabolizável pós pico para poedeiras leves criadas em galpões abertos durante o período de inverno. **Archives of Veterinary Science**, v. 20, n. 2, 2015.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. Tabelas brasileiras para aves e suínos – composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa. UFV, Departamento de Zootecnia, 2017.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. Metodologias para avaliar o conteúdo de energia dos alimentos. SAKOMURA, NK; ROSTAGNO, HS Métodos de pesquisa em pesquisa em nutrição de monogástricos. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, p. 41-90, 2007.

SAKOMURA, N. K. et al. Nutrição de não ruminantes. Jaboticabal: Editora Funep, 2014. 678 p.

SANTANA, M.H.M. et al. Ajuste dos níveis de energia e proteína e suas relações para galinhas poedeiras em diferentes condições térmicas. **PUBVET**, v. 12, p. 139, 2017.

SARTORI, J. R. et al. Effect of environmental temperature and feed restriction on the performance and composition of the skeletal muscle fibers in broilers. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 6, p. 1779-1790, 2001.

SCHUETZ, T; WEILER, M. Quantification of localized groundwater inflow into streams using ground-based infrared thermography. **Geophysical Research Letters**, v. 38, n. 3, 2011.

SWENSON, M.J.; REECE, W. O. Fisiologia dos Animais Domésticos. Editora Guanabara Koogan S.A. 11o edição. Rio de Janeiro, 1993. p. 805-813.

WU, G; BRYANT, M. M; VOITTE, R. A; ROLAND, D. A. Effect of dietary energy on performance and egg composition of Bovans White and Dekalb White hens during phase I. **Poultry science**, v. 84, n. 10, p. 1610-1615, 2005.

SEGUNDA PARTE

ARTIGO: TERMOGRAFIA INFRAVERMELHO ASSOCIADA À ENERGIA METABOLIZÁVEL DA RAÇÃO DE POEDEIRAS COMERCIAIS

(Norma NBR 6022 (ABNT 2003))

RESUMO

Neste estudo avaliou-se a possibilidade do uso de termografia infravermelho (TIV) para detectar variações nas temperaturas superficiais provocadas por modificações na atividade metabólica das galinhas poedeiras alimentadas com rações contendo diferentes teores de energia metabolizável. Foram utilizadas 384 galinhas da linhagem Lohmann LSL-Lite com 22 semanas de idade, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado, composto por quatro tratamentos e oito repetições de 12 aves cada. Os tratamentos consistiam em rações contendo diferentes teores de energia metabolizável (EM) (2,600; 2,750; 2,900 e 3,050 kcal/kg). Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Foi utilizado o esquema de parcelas subdivididas no tempo com três períodos de avaliação de 21 dias cada (split-plot in time). Em casos de diferenças significativas as médias foram comparadas pelo teste de Tukey (5%). No caso de efeito significativo da regressão polinomial linear das variáveis foi feita a equação de regressão. Posteriormente foi realizada uma correlação simples de Pearson entre as variáveis de temperatura superficiais das aves e a temperatura ambiental. Os teores de energia estudados não influenciaram ($P > 0,05$) as temperaturas cloacal e superficial, tampouco os resultados de hemogasometria. Houve correlação positiva entre a temperatura do ar com as temperaturas do corpo, da cabeça, da perna e do olho ($P < 0,05$). Com o aumento do teor de EM, houve redução no consumo de ração ($P < 0,05$) e melhora das conversões alimentares por massa e por dúzia de ovos ($P < 0,05$), com efeito linear para estas variáveis. Com o aumento dos teores de EM da ração, houve redução ($P < 0,05$) na coloração da gema e no peso específico dos ovos. Os diferentes teores de energia alteraram ($P < 0,05$) os constituintes do ovo. A maior porcentagem de casca foi observada nos ovos das aves que receberam as rações que continham 2,900 e 2,750 kcal EM/kg. O albúmen apresentou maiores proporções nos ovos das aves que receberam o maior teor de EM e a porcentagem de gema foi maior nos ovos das aves que receberam a ração com 2,750 kcal EM/kg. Com o uso da TIV não foi possível identificar alterações nas temperaturas superficiais provocadas por modificações na atividade metabólica das galinhas poedeiras alimentadas com rações contendo diferentes teores de energia metabolizável.

Palavras-chave: Avicultura. Galinhas em postura. Metabolismo. Temperatura corporal. Termograma.

ABSTRACT

This study evaluated the possibility of using infrared thermography (IRT) to detect variations in surface temperatures caused by modifications in the metabolic activity of laying hens fed diets containing different levels of metabolizable energy. A total of 384 chickens of the 22-week-old Lohmann LSL-Lite strain were used in a completely randomized design, consisting of four treatments and eight replicates of 12 birds each. The treatments consisted of diets containing different amounts of metabolizable energy (ME) (2,600, 2,750, 2,900 and 3,050 kcal / kg). The results were submitted to analysis of variance (ANOVA). The split-plot in time scheme was used with three evaluation periods of 21 days each. In cases of significant differences the means were compared by the Tukey test (5%). In the case of a significant effect of the linear polynomial regression of the variables the regression equation was made. Subsequently a simple Pearson correlation was performed between the temperature variables of the birds and the ambient temperature. The energy content studied did not influence the cloacal and superficial temperatures ($P > 0.05$) or hemogasometry results. There was a positive correlation between air temperature and body, head, leg and eye temperatures ($P < 0.05$). With the increase in the ME content, there was a reduction in feed intake ($P < 0.05$) and improvement in feed conversion by mass and dozen eggs ($P < 0.05$), with linear effect for these variables. With the increase of ME contents of the feed, there was a reduction ($P < 0.05$) in the yolk color and the specific gravity of the eggs. The different energy contents affected ($P < 0.05$) the constituents of the egg. The highest percentage of eggshell was observed in the eggs of the birds that received the rations containing 2,900 and 2,750 kcal ME / kg. Albumin was present in higher proportions in the eggs of the birds that received the highest ME content and the percentage of yolk was higher in the eggs of the birds that received the feed with 2,750 kcal ME / kg. With the use of IRT it was not possible to identify changes in the surface temperatures caused by modifications in the metabolic activity of laying hens fed diets containing different levels of metabolizable energy.

Keywords: Body temperature. Laying hens. Metabolism. Poultry. Thermogram.

1. INTRODUÇÃO

A maioria das criações de galinhas poedeiras é realizada em galpões abertos, o que não permite controle ambiental efetivo (DONATO et al., 2009). Esse tipo de instalação exige que diferentes estratégias para mitigar os efeitos do calor sejam adotadas como a manipulação da nutrição, gestão ambiental e suplementação de água com eletrólitos (LARA e ROSTAGNO, 2013), uma vez que as variações climáticas afetam o desempenho das aves e a qualidade dos ovos. Uma técnica utilizada em situação de calor é o adensamento das fórmulas para compensar a redução do consumo de ração (ROSNIECEK et al., 2015). Esta modificação da dieta está associada ao uso de ingredientes com menor incremento calórico.

Novas ferramentas tem sido inseridas na adoção de metodologias relacionadas a estratégias de alimentação e técnicas que promovam maior conforto animal. Dentre as tecnologias destaca-se o uso de câmeras termográficas, que são dispositivos optoeletrônicos destinados a perceber imagens na faixa de radiação infravermelha do espectro eletromagnético e convertê-las de forma sistemática à faixa visível do espectro, permitindo assim que os seres humanos literalmente observem as imagens térmicas geradas pelos corpos em temperaturas acima do zero absoluto. Assim, a termografia de infravermelho (TIV), pode ser utilizada no diagnóstico por imagem da temperatura superficial da ave. Segundo Knupp (2010), a energia capturada pela câmera termográfica gera “imagens térmicas” que são expressas em um padrão de cores.

O principal benefício da utilização desta tecnologia na produção animal está relacionado ao fato de não ser uma técnica invasiva, podendo ser usada sem a necessidade de captura das aves. A câmera termográfica auxilia na avaliação do impacto das condições ambientais e fisiológicas sobre o bem-estar animal, fornecendo termogramas para melhor compreensão da termorregulação em razão das alterações na temperatura superficial.

Para se adequar as novas tecnologias presentes no mercado, é necessário obter conhecimento específico das respostas fisiológicas e comportamentais das aves criadas em condições de campo frente a variações climáticas, visto que as aves são sensíveis a alterações na temperatura prejudicando o seu desempenho produtivo (LARA e ROSTAGNO, 2013).

Portanto hipotetizou-se que a TIV, poderia ser utilizada para detectar variações nas temperaturas superficiais de poedeiras comerciais mantidas em galpão aberto, sem controle da temperatura ambiente, recebendo rações contendo diferentes teores de EM. Assim, objetivou-se avaliar a eficiência da termografia de infravermelho para detectar alterações nas

temperaturas superficiais provocadas por modificações na atividade metabólica, em função do teor de energia da ração de galinhas poedeiras comerciais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e período experimental

O experimento foi realizado no CPTA (Centro de Pesquisa e Tecnologia Avícola), localizado na BR 265, Km 344, no município de Lavras, Minas Gerais, em convênio com a Universidade Federal de Lavras (UFLA). O projeto foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA), da mesma instituição de ensino e certificado através do protocolo número 080/17.

O período experimental teve duração de 63 dias, divididos em três ciclos de 21 dias durante a fase de postura das aves. O experimento teve início no dia 23 de março de 2018, estendendo-se até o dia 24 de maio de 2018.

2.2 Instalações e equipamentos

As aves foram alojadas em um galpão convencional de postura, orientado no sentido Leste-Oeste em seu eixo longitudinal, aberto nas faces Norte e Sul e ventilado naturalmente, conforme tipologia representativa do padrão usualmente utilizado no Brasil. A instalação possui cobertura em telhas de zinco e duas baterias de gaiolas dispostas na forma vertical com três andares cada. As gaiolas eram de arame galvanizado, nas dimensões de 75 cm de frente x 63 cm de profundidade x 50 cm de altura, localizadas a 155 cm do chão. Cada gaiola foi considerada uma unidade experimental equipada com comedouros tipo calha individualizado, bebedouros tipo nipple e para a coleta de excreta cada linha de gaiolas possui uma esteira coletora. Foram utilizadas 32 gaiolas localizadas no corredor central da instalação, dispostas na mesma linha no segundo andar, para que as aves fossem criadas de forma homogênea com relação a temperatura ambiente e intensidade luminosa. Em cada unidade experimental foram alojadas 12 aves, conferindo uma densidade de 393 cm²/ave.

Para caracterização climática do ambiente durante o período experimental, foram utilizados dois conjuntos com termômetros de globo negro acoplados a termohigrômetros (*Termohigrômetro digital SA 7663* - Precisão: $\pm 1^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{F}$ / $\pm 5\%$ UR) e um datalogger (*iMiniPlus*[®] - Precisão 0.1 °C (0.1 °F)) com armazenamento de dados de temperatura a cada

30 minutos. Os equipamentos foram instalados dentro de gaiolas vazias, à meia altura das aves. Os Valores obtidos foram utilizados para determinar o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) proposto Thom (1959) e para o cálculo do Índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), proposto por Buffington et al. (1981).

Foi adotado o programa de iluminação de 16 horas de luz por dia conforme preconizado pelo manual da linhagem (MANAGEMENT GUIDE LOHMANN LSL LITE (s.d)), complementando a iluminação natural com diodos emissores de luz (LED), fornecendo a intensidade luminosa de 10 lux ao nível das aves. O período sem iluminação era realizado das 20 horas da noite até às 4 horas da manhã.

2.3 Aves e manejo experimental

Foram utilizadas, 384 galinhas poedeiras da linhagem Lohmann LSL-Lite com 22 semanas de idade no início do experimento. As aves foram distribuídas nas unidades experimentais e estavam uniformes segundo as características físicas, aspectos sanitários, padronizadas por peso e previamente submetidas ao mesmo manejo e alimentação. O peso das aves no início do experimento foi uniformizado numa média de 1400 g, com uma faixa de tolerância de 10% para mais ou para menos. Ao final do experimento as aves foram pesadas novamente e pôde ser verificado que não houve diferença entre os tratamentos para ganho de peso, onde as mesmas apresentaram uma média de 1650 g.

Os tratamentos foram distribuídos aleatoriamente nas unidades experimentais e as rações e água fornecidas à vontade. As aves receberam ração para postura de acordo com as recomendações do manual, exceto para os teores de energia. O fornecimento de ração era realizado quando necessário.

A coleta de ovos foi realizada diariamente, na parte da manhã e a tarde, sendo quantificados os ovos íntegros, quebrados, sem casca, com casca mole, e os sujos (por sangue ou excreta) em cada parcela. A mortalidade também foi registrada diariamente por unidade experimental.

Amostras de sangue de quatro aves por tratamento foram colhidas ao final de cada ciclo e acondicionadas em seringas heparinizadas. As seringas foram armazenadas em caixa térmica, imersas em gelo e encaminhadas para o laboratório de análises sanguíneas, onde foram realizadas análises de hemogasometria venosa com o material coletado.

Para mensuração da resposta fisiológica, uma ave escolhida de forma aleatória na unidade experimental, foi utilizada para obtenção dos valores da temperatura cloacal e

temperaturas superficiais, uma vez por semana em dois períodos diários (8h, 14h). A temperatura superficial foi obtida por meio de imagens termográficas e para obtenção dos valores de temperatura cloacal foi utilizado termômetro clínico veterinário.

O desempenho das aves foi avaliado ao final de cada ciclo, por meio dos dados obtidos de produção de ovos (%), consumo de ração (g/ave/dia), peso médio dos ovos (g), conversão alimentar (kg/kg e kg/dz), consumo de energia (kcal/ave/dia) e consumo de proteína (g/ave/dia).

A avaliação da qualidade dos ovos foi feita no último dia de cada ciclo no laboratório de ovos do departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras para serem avaliados os parâmetros de qualidade externa e interna.

2.4 Delineamento e tratamentos experimentais

Para o início do experimento as aves foram selecionadas por idade e peso e alojadas em gaiolas convencionais de postura, sendo estas expostas às mesmas condições ambientais. Os tratamentos consistiam em rações contendo diferentes teores de energia metabolizável (2,600; 2,750; 2,900 e 3,050 kcal/kg), estes foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, considerando oito repetições por tratamento, de 12 aves cada. Foi utilizado o esquema de parcelas subdivididas no tempo com três períodos de avaliação de 21 dias cada.

As rações experimentais foram formuladas à base de milho, farelo de soja e farelo de trigo, segundo as recomendações do manual da linhagem e de acordo com os tratamentos apresentados previamente. Na Tabela 1 são apresentadas a composição percentual e os níveis nutricionais das rações.

Tabela 1 - Composição das dietas experimentais de galinhas poedeiras com diferentes teores de energia metabolizável

Ingrediente	Tratamentos			
	T1	T2	T3	T4
	Energia Metabolizável			
	2,600	2,750	2,900	3,050
Milho	57,000	60,000	60,000	57,260
Farelo de Soja	24,480	24,500	24,500	24,970
Farinha de Carne e Ossos	4,000	4,000	4,000	4,000
Óleo de Soja	0,000	0,550	2,250	4,890
Calcário	8,180	8,180	8,180	8,170
Sal	0,320	0,320	0,320	0,320
Premixe Vitamínico ¹	0,100	0,100	0,100	0,100
Premixe Mineral ²	0,100	0,100	0,100	0,100
DL-Metionina	0,150	0,140	0,140	0,150
Cloreto de colina	0,030	0,030	0,030	0,030
Farelo de trigo	5,632	2,077	0,370	0,050
Fitase	0,005	0,005	0,005	0,005
Composição Nutricional				
Energia Metabolizável (kcal/kg)	2600	2750	2900	3050
Proteína Bruta (%)	17,620	17,620	17,620	17,620
Cálcio (%)	3,800	3,800	3,800	3,800
Fósforo disponível (%)	0,400	0,400	0,400	0,400
Sódio (%)	0,170	0,170	0,170	0,170
Lisina Dig. (%)	0,800	0,800	0,800	0,800
Met+Cis Dig%	0,620	0,620	0,620	0,620
Treonina Dig. (%)	0,580	0,590	0,590	0,590

¹Suplemento Vitamínico - composição por kg de produto: Vit. A,- 6.000.000 U.I.; Vit D3- 500.000 U.I; Vit. E - 5.000 U.I; Vit. K3 - 500 mg; Vit. B1- 500 mg; Vit B2 - 2.000 mg; Vit B6 - 500 mg; Vit B12 - 5.000 mcg; niacina – 12.000 mg; ácido pantotênico - 5.000 mg; selênio - 200 mg; BHT - 250 mg.

²Suplemento Mineral - composição por kg de produto: Cobre – 7.000 mg ; Ferro – 50.000 mg ; Iodo – 1.500 mg ; Manganês - 67.500 mg ; Zinco – 45.600 mg.

Fonte: Do autor (2019).

2.5 Variáveis estudadas

2.5.1 Parâmetros fisiológicos

- a) Análise sanguínea

Para a realização da colheita foi feita uma antissepsia do local com algodão umedecido em álcool a 70%, a ave colocada em decúbito lateral e a colheita feita a partir da veia ulnar, coletando-se cinco ml de sangue para análises de hemogasometria venosa. Foram feitas análises de pressão parcial de gás carbônico (PCO_2), taxa de saturação de oxigênio (sO_2), potencial hidrogeniônico (pH), pressão parcial oxigênio (PO_2), bicarbonato (HCO_3^-) e dióxido de carbono total (tCO_2).

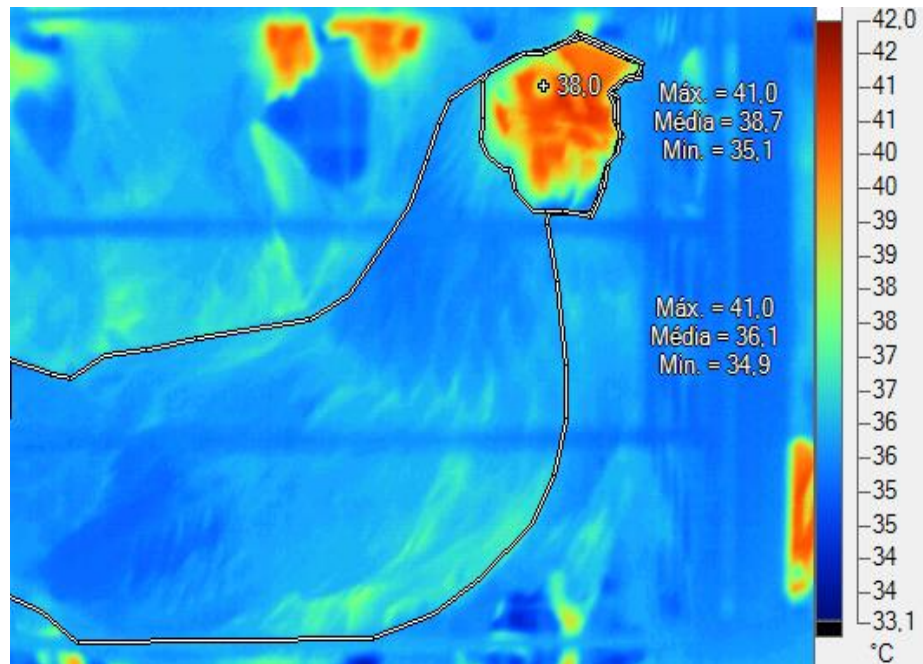
b) Temperatura cloacal

A temperatura cloacal foi aferida com o uso de um termômetro clínico veterinário (Incoterm®), com precisão de $0,1^\circ C$, inserido na cloaca da ave até que fosse atingida temperatura constante. Para avaliação desse parâmetro foi selecionada uma ave de forma aleatória na unidade experimental, o mesmo foi avaliado uma vez por semana em dois horários distintos (8h, 14h), sempre após a aferição da temperatura superficial.

c) Temperatura superficial

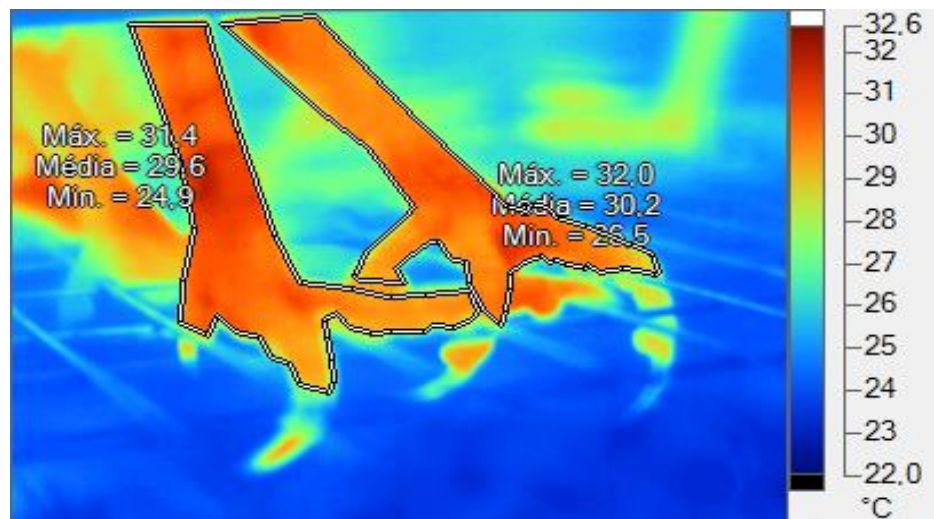
A temperatura superficial foi aferida uma vez por semana em dois períodos (8h, 14h). A mesma foi registrada utilizando-se de uma câmera termográfica (*FLUKE*®, modelo TI 55, acurácia de $0,05^\circ C$). A câmera termográfica foi posicionada a uma distância aproximada de um metro das aves e a emissividade adotada foi de 0,95 de acordo com o procedimento adotado por Nääs et al. (2010). Foram registradas imagens termográficas cobrindo toda a extensão de cada parcela experimental, as mesmas foram processadas usando o software (*FLUKE*®), obtendo assim a temperatura média das áreas selecionadas da cabeça, corpo e olho (Figura 1) e temperatura média das pernas (Figura 2).

Figura 1 - Imagem termográfica da galinha poedeira avaliada por meio do software *FLUKE*[®], para determinação da temperatura média da cabeça, corpo e olho.



Fonte: Do autor (2019).

Figura 2 – Imagem termográfica da galinha poedeira avaliada por meio do software *FLUKE*[®], para determinação da temperatura das pernas.



Fonte: Do autor (2019).

2.5.2 Desempenho produtivo

a) Consumo de ração

A ração que foi fornecida as aves era devidamente pesada e acondicionada em baldes plásticos com tampa referente a cada parcela. Ao final de cada período de 21 dias, foi determinado o consumo de ração (g/ave/dia) por meio da diferença entre a quantidade de ração fornecida para cada parcela, subtraindo-se a sobra. Quando houve mortalidade das aves, o consumo médio de ração foi corrigido, obtendo-se o consumo médio verdadeiro para a parcela experimental em questão.

b) Conversão alimentar

A conversão alimentar foi calculada por massa de ovos (kg/kg) e por dúzia de ovos (kg/dz), ao final de cada ciclo. A conversão alimentar por massa de ovos foi obtida por meio da divisão do consumo total de ração pela massa de ovos produzida em quilogramas. O valor da conversão alimentar por dúzia de ovos foi expresso pelo consumo total de ração por parcela em quilogramas, dividido pela dúzia de ovos produzida.

c) Produção de ovos

A produção de ovos (%) foi calculada a cada período de 21 dias, sendo expressa em porcentagem sobre o número de aves do período (ovos/ave/dia). Estes dados foram obtidos tomando-se diariamente o número de ovos produzidos incluindo os trincados, quebrados, sem casca, com casca mole e suja por sangue ou excreta.

d) Peso médio dos ovos

Para obtenção do peso médio dos ovos (g), foram coletados e pesados todos os ovos íntegros no último dia de cada ciclo e este valor dividido pelo número de ovos íntegros produzidos no dia por unidade experimental.

e) Consumo de energia

A ingestão diária de energia foi calculada com base no conteúdo do nível de EM da dieta e do consumo diário de ração por ave, e expresso em kcal/ave/dia.

f) Consumo de proteína

Foi calculada a ingestão diária de proteína com base no consumo diário de ração por ave, expresso em g/ave/dia.

2.5.3 Qualidade dos ovos

a) Peso específico

Todos os ovos íntegros produzidos no último dia de cada período foram avaliados em 10 soluções de NaCl, de acordo com recomendação de Moreng e Avens (1990), com densidade variando de 1,066 a 1,100 g/cm³ com gradiente de 0,004 entre elas determinado com auxílio de um densímetro. Os resultados foram utilizados para compor uma média de densidade dos ovos da parcela no período.

b) Unidade Haugh

Os três ovos amostrados por parcela, ao final de cada período, foram devidamente identificados, pesados e quebrados sobre uma superfície plana de vidro para a obtenção da altura do albúmen, medida com o auxílio de um paquímetro (iGaging® 0-6" Digital 3-in-1 Multi Gauge) com precisão de 0,001 mm. Os valores da Unidade Haugh foram obtidos utilizando-se a fórmula apresentada por Brant et al. (1951):

$$UH = 100 \cdot \log (H + 7,57 - 1,7 W^{0,37})$$

Sendo: H = altura de albúmen (mm)

W = peso do ovo (g)

c) Percentuais de casca, albúmen e gema

Após a quebra dos ovos, a gema foi separada do albúmen e pesada em balança analítica de precisão de 0,001g. As cascas dos ovos foram lavadas em água e secas em

temperatura ambiente por 48 horas. Após este processo foram pesadas com auxílio de uma balança analítica com precisão de 0,001g. O peso do albúmen foi obtido por meio da diferença entre o peso do ovo e o peso da casca e da gema. Os percentuais foram obtidos por meio da relação peso da casca, peso da gema ou peso do albúmen/peso do ovo.

d) Espessura da casca

As medidas da espessura da casca foram tomadas após a secagem em temperatura ambiente por 48 horas. Foram selecionados três pontos da região equatorial do ovo, através de um micrômetro da marca iGaging® com precisão de 0,001 mm (0,001 – 25,000 mm), os valores obtidos nos três ovos de cada parcela foram transformados em valores médios por parcela.

e) Coloração da gema

A coloração de gema foi avaliada com o auxílio de um leque colorímetro (DSM – *Yolk color fan*), com escore de 1 a 15, sendo 1- amarelo fraco e 15- amarelo avermelhado.

2.4 Análises estatísticas

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA). As medidas de desempenho produtivo das aves, qualidade dos ovos e parâmetros fisiológicos foram realizadas nas mesmas parcelas, em diferentes períodos (três ciclos de 21 dias cada). Os ciclos foram utilizados como medida repetida no tempo, sendo, portanto recomendado o esquema de análise de parcelas subdivididas no tempo (*split-plot in time*) (STEEL & TORRIE, 1960).

Em casos de diferenças significativas as médias foram comparadas pelo teste de Tukey (5%). No caso de efeito significativo da regressão polinomial linear das variáveis foi feita a equação de regressão. Posteriormente foi realizada uma correlação simples de Pearson entre as variáveis de temperatura superficiais das aves e a temperatura ambiental. Os dados foram analisados utilizando o procedimento GLM do pacote estatístico SAS (Versão 9.1.3, SAS Institute Inc., Cary, NC, EUA). O teste Shapiro-wilk foi utilizado para analisar a normalidade dos dados e quando eles não apresentaram essa distribuição foi realizada a transformação usando o procedimento PROCRAK.

3. RESULTADOS

Os valores das variáveis ambientais assim como os valores calculados de ITU e ITGU estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores de temperatura e de umidade relativa do ar, assim como cálculo do índice de temperatura e umidade (ITU) e do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) durante os três ciclos de avaliação

Ciclos (21 dias)			
Temperatura do ar (°C)			
	1°	2°	3°
Mínimo	19,40	18,00	16,28
Máximo	28,23	28,33	27,65
Média	23,81	23,16	21,96
Umidade relativa do ar (%)			
Mínimo	44,5	38,0	35,0
Máximo	79,0	80,0	78,0
Média	61,8	59,0	56,5
Índice de temperatura e umidade (ITU)			
	73,12	70,51	71,99
Índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU)			
	73,10	70,50	68,61

Fonte: Do autor (2019).

Segundo o manual da linhagem a temperatura ambiental ficou acima da zona de termoneutralidade para a fase de criação, em que o ideal seria: temperatura do ar entre 18°C e 20°C e umidade relativa do entre 50 a 70%. Os valores médios da umidade relativa se encontraram dentro do recomendado durante todo o período experimental.

Foi possível verificar que a temperatura oscilou, provocando amplitudes térmicas elevadas (17°C), fato que pode comprometer o desempenho das aves.

Os resultados obtidos no presente estudo para a análise de hemogasometria venosa das aves, estão descritos na Tabela 3.

Tabela 3 - Pressão parcial de gás carbônico (PCO₂), taxa de saturação de oxigênio (sO₂), potencial hidrogeniônico (pH), pressão parcial oxigênio (PO₂), bicarbonato (HCO₃⁻) e dióxido de carbono total (tCO₂), em sangue venoso de poedeiras comerciais que receberam rações com diferentes teores de energia metabolizável

Variáveis	Níveis de EM kcal/kg				CV (%)	EPM	p- valor
	2,600	2,750	2,900	3,050			
PCO ₂ (mmHg)	48,14	45,71	49,44	47,88	16,870	1,995	0,710
sO ₂ (%)	81,16	84,73	79,38	79,28	8,730	1,752	0,310
pH	7,35	7,36	7,32	7,34	0,800	0,014	0,580
PO ₂ (mmHg)	49,42	52,82	48,96	47,34	10,600	1,303	0,110
HCO ₃ ⁻ (mmol/L)	25,48	24,78	24,76	25,23	6,530	0,404	0,610
tCO ₂ (mmol/L)	26,98	26,17	26,28	26,7	6,750	0,443	0,640

CV = Coeficiente de variação; EPM = Erro padrão da média; p- valor = Coeficiente de Probabilidade.

Fonte: Do autor (2019).

Os tratamentos experimentais não influenciaram (P>0,05) qualquer dos parâmetros sanguíneos mensurados - pressão parcial de gás carbônico (PCO₂), taxa de saturação de oxigênio (sO₂), potencial hidrogeniônico (pH), pressão parcial oxigênio (PO₂), bicarbonato (HCO₃⁻) e dióxido de carbono total (tCO₂).

Os valores médios de temperatura cloacal e das temperaturas superficiais do corpo, da cabeça, da perna e do olho, em °C, aferidos as 08h00 e as 14h00 estão apresentados na Tabela 4. As rações não influenciaram (P>0,05) quaisquer parâmetros avaliados.

Tabela 4 - Temperatura cloacal e superficial da cabeça, corpo, perna e olho (°C) das poedeiras comerciais recebendo diferentes teores de energia metabolizável (EM) na ração no período da manhã e da tarde

Temperatura (°C)	Níveis de EM kcal/kg				CV (%)	EPM	p- valor
	2.600	2.750	2.900	3.050			
Manhã							
Cloacal	40,91	40,93	40,9	40,84	0,411	0,032	0,299
Corpo	29,57	29,51	29,44	29,52	1,233	0,526	0,624
Cabeça	32,67	32,57	32,51	32,45	2,174	0,491	0,666
Perna	31,67	31,69	31,63	31,9	2,405	0,567	0,632
Olho	33,13	33,06	33,13	33,08	1,277	0,404	0,849
Tarde							
Cloacal	41,12	41,11	41,15	41,05	0,366	0,036	0,215
Corpo	35,37	35,34	35,35	35,37	0,904	0,400	0,719
Cabeça	37,65	37,08	37,6	37,7	3,720	0,453	0,952
Perna	37,94	37,72	37,76	37,83	1,060	0,393	0,693
Olho	37,24	37,17	37,27	37,13	1,528	0,342	0,924

CV = Coeficiente de variação; EPM = Erro padrão da média; p- valor = Coeficiente de Probabilidade.

Fonte: Do autor (2019).

A temperatura do ar correlacionou-se positivamente (Tabela 5), com a temperatura do corpo, da cabeça, da perna e do olho, ambas demonstraram correlações positivas e altamente significativas ($P < 0,05$).

Tabela 5 – Coeficientes de correlação de Pearson entre a temperatura ambiental e as temperaturas superficiais de poedeiras comerciais recebendo rações com diferentes teores de energia metabolizável

Temperaturas superficiais (°C)	Temperatura ambiental (°C)	
	(r)	p- valor
Corpo	0,8803	0,001
Cabeça	0,8547	0,001
Perna	0,8637	0,001
Olho	0,8745	0,001

p- valor = Coeficiente de Probabilidade; r = Coeficiente de correlação.

Fonte: Do autor (2019).

Os resultados de consumo de ração (g/ave/dia), produção de ovos (%), peso médio dos ovos (g), conversão alimentar (kg/kg e kg/dz), consumo de energia (kcal/ave/dia) e consumo de proteína (g/ave/dia) estão apresentados na Tabela 6.

Não houve diferença ($P > 0,05$) entre os tratamentos para produção de ovos (%) e peso médio dos ovos (g). Para as variáveis consumo de ração (g/ave/dia), conversão alimentar por massa de ovos (kg/kg), conversão alimentar por dúzia de ovos (kg/dz), consumo de energia (kcal/ave/dia) e consumo de proteína (g/ave/dia) ocorreu efeito significativo dos teores de energia metabolizável presentes nas rações ($P < 0,05$).

Tabela 6 - Resultados de consumo de ração (g/ave/dia), porcentagem de postura (%), peso médio do ovo (g), conversão alimentar (kg/kg e kg/dz), consumo de energia (kcal/ave/dia) e consumo de proteína (g/ave/dia) de galinhas poedeiras recebendo rações contendo diferentes teores de energia metabolizável durante a fase de postura

Variáveis	Níveis de EM kcal/kg				CV (%)	EPM	p- valor
	2,600	2,750	2,900	3,050			
Consumo de ração (g/ave/dia)	118	113	107	103	6,576	0,001	0,001
	$y = -0,0049x + 0,123$ ($r^2 = 0,651$)						
Postura (%)	96,2	96,4	95,9	95,8	3,493	0,005	0,933
Peso médio do ovo (g)	58,6	58,5	58,6	58,9	4,029	0,415	0,86
Conversão alimentar (kg/kg)	2,13	2,05	1,95	1,89	6,674	0,074	0,001
	$y = -0,807x + 2,2097$ ($r^2 = 0,738$)						
Conversão alimentar (kg/Dz)	1,48	1,41	1,35	1,32	5,243	0,012	0,001
	$y = -0,0551x + 1,5279$ ($r^2 = 0,721$)						
Consumo de energia (kcal/ave/dia)	308,53b	312,35ab	311,53ab	314,78a	2,815	2,399	0,049
Consumo de proteína (g/ave/dia)	20,79	20,02	18,92	18,27	5,334	0,138	0,001
	$y = -0,8648x + 21,665$ ($r^2 = 0,868$)						

CV = Coeficiente de variação; EPM = Erro padrão da média; p- valor = Coeficiente de Probabilidade; Médias seguidas de letras diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Do autor (2019).

O aumento dos teores de EM influenciaram ($P < 0,05$) o consumo de ração, determinando redução linear ($r^2 = 0,651$) conforme o aumento no nível de energia metabolizável da ração. A equação de regressão que representa o efeito dos tratamentos experimentais sobre a variável consumo de ração é a seguinte: $y = - 0,0049x + 0,123$ ($r^2 = 0,651$). Apesar de haver redução do consumo de ração à medida que se aumentavam os teores de energia da dieta, as aves apresentaram aumento médio de 2,0% no consumo de energia metabolizável de 2,600 a 3,050 kcal/kg, indicando que, não foram eficientes em controlar o consumo de ração em função do teor de energia da fórmula.

As aves alimentadas com a ração com 3,050 kcal/kg, apresentaram a melhor conversão alimentar por massa de ovos (kg/kg) ($P < 0,05$) (Tabela 6). Houve melhora linear ($r^2 = 0,738$) à

medida que se aumentaram os teores de energia metabolizável na ração, de acordo com a equação: $y = -0,0807x + 2,2097$.

A conversão alimentar por dúzia de ovos (kg/dz) (Tabela 6), também melhorou com o incremento de energia na ração ($P < 0,05$), semelhantemente ao ocorrido com a CA kg/kg de ovos. A equação de regressão que representa o efeito dos teores de energia sobre a conversão alimentar por dúzia de ovos é: $y = -0,0551x + 1,5279$ ($r^2 = 0,721$).

Houve uma redução ($P < 0,05$) no consumo de proteína (Tabela 6) à medida que se aumentou os teores de energia da ração. A equação de regressão que representa os efeitos dos teores de energia sobre o consumo de proteína é: $y = 0,8648x + 21,665$ ($r^2 = 0,868$).

Os resultados médios para qualidade de ovos – cor da gema, espessura de casca (mm), Unidade Haugh (UH), peso específico (g/cm^3), porcentagem de casca (%), porcentagem de albúmen (%) e porcentagem de gema (%) estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Resultados de cor da gema, espessura da casca (mm), Unidade Haugh (UH), peso específico (g/cm^3), porcentagem de casca (%), porcentagem de albúmen (%) e porcentagem de gema (%) de ovos de galinhas poedeiras alimentadas com dietas contendo diferentes teores de energia metabolizável

Variáveis	Níveis de EM kcal/kg				CV (%)	EPM	p - valor
	2,600	2,750	2,900	3,050			
Cor da gema	5,055	5,042	4,87	4,638	9,299	0,083	0,001
	$y = -0,1422x + 5,2569$ ($r^2 = 0,174$)						
Espessura de casca (mm)	0,373	0,373	0,377	0,368	8,577	0,005	0,629
Unidade Haugh	94,068	95,240	94,531	95,450	3,427	0,615	0,448
Peso específico (g/cm^3)	1,09	1,09	1,089	1,088	0,181	0,0006	0,003
	$y = -0,0006x + 1,091$ ($r^2 = 0,495$)						
Porcentagem de casca (%)	9,9ab	100,0a	101,0a	9,8b	2,634	0,003	0,003
Porcentagem de albúmen (%)	65,1ab	64,4c	64,4c	65,3a	1,481	0,002	0,001
Porcentagem de gema (%)	24,8b	25,5a	25,3ab	24,8b	3,441	0,004	0,013

CV = Coeficiente de variação; EPM = Erro padrão da média; p- valor = Coeficiente de Probabilidade; Médias seguidas de letras diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Do autor (2019).

Os valores encontrados na análise da qualidade de ovos mostram que houve diferença significativa ($P < 0,05$) para cor da gema, peso específico, porcentagem de casca, porcentagem

de albúmen e porcentagem de gema, com exceção da variável espessura de casca e Unidade Haugh que não apresentaram diferença significativa ($P>0,05$).

O aumento do teor de energia metabolizável da ração influenciou a coloração da gema, ocasionando uma redução linear ($r^2 = 0,174$) conforme os teores de energia foram aumentados. Em relação a variável peso específico (g/cm^3), o mesmo também foi influenciado apresentando redução linear ($r^2 = 0,495$) à medida que aumentou o teor de energia da ração.

A variação dos teores de energia metabolizável da ração alteraram ($P<0,05$) os constituintes do ovo. Verificou-se maior proporção de casca dos ovos nas aves que receberam as rações com 2,900 e 2,750 kcal EM/kg, em relação àquelas que receberam 3,050 kcal/kg de EM. Adicionalmente, foi verificada maior proporção de albúmen nos ovos de galinhas que receberam ração com 3,050 kcal/kg e maior porcentagem de gema nos ovos de galinhas que receberam ração com 2,750 kcal EM/kg.

4. DISCUSSÃO

Os dados dos elementos climáticos indicam que as aves passaram por estresse cíclico de calor, onde a temperatura elevada ultrapassou os limites da zona de termoneutralidade preconizados pelo manual da linhagem. Apesar da elevada amplitude térmica verificada, as aves conseguiram manter sua homeotermia e assim, dissipar o calor corporal por meio de termólise evaporativa, sem provocar alterações significativas na sua fisiologia. Isto pode ser confirmado pelas temperaturas superficiais corporais e cloacais mais amenas na parte da manhã.

Este tipo de estresse no qual as aves foram submetidas apresentam menos efeitos negativos quando comparados àqueles em que elas não possuem tempo para se recuperar (MASHALY et al. 2004). Em um estudo realizado por Sahin et al. (2006), os mesmos constataram que a exposição de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) ao estresse cíclico por calor (34°C a partir das 09h às 17h, do 10º ao 42º dia de vida), reduziu a concentração de cálcio, fósforo, magnésio e manganês na tíbia devido a maior excreção desses minerais, prejudicando assim a mineralização óssea. De acordo com Kilic e Simsek (2013), valores de $19\text{-}22^\circ\text{C}$ são indicados para galinhas poedeiras em fase de postura proporcionando conforto térmico.

As variáveis ambientais, temperatura, velocidade do ar, umidade relativa e radiação solar, caracterizam o ambiente térmico e podem ser resumidas em índices de conforto

térmico. O Índice de Temperatura e Umidade (ITU), apesar de não considerar os efeitos da radiação, o mesmo procura indicar os efeitos combinados da temperatura de bulbo seco e umidade do ar no conforto e desempenho das aves (YAHAV et al., 2004). De acordo com Armstrog (1994), galinhas poedeiras que apresentam um ITU abaixo de 72 não estão em estresse por calor, já quando o ITU varia de 72 a 78 é considerado um estresse brando, de 79 a 88 moderado e de 89 a 98 é considerado um estresse severo. Em uma classificação proposta por Barbosa Filho (2004) para galinhas poedeiras, os valores de ITU entre 71 a 75 representam situação de conforto térmico, entre 75 a 84 situação de perigo e de 84 a 87 situação de emergência.

No presente estudo foi possível verificar que durante o primeiro ciclo de avaliação (21 dias), o ITU foi de 73 indicando um estresse brando por calor. Este valor de ITU acima da zona considerada de conforto térmico está associado as maiores temperaturas registradas no primeiro período de avaliação. Nos dois ciclos seguintes o mesmo foi de 71 e 72 respectivamente, indicando que as aves estavam em uma situação de conforto térmico.

Não foi possível obter valores conclusivos de ITGU na literatura que resultam em melhor desempenho de galinhas poedeiras durante a fase de postura. Desta forma os valores obtidos no presente estudo foram comparados àqueles preconizados como ideais para frangos de corte. Segundo Teixeira (1983) e conforme avaliado por Furtado et al. (2006), ambientes cujos valores de ITGU permanecem na faixa de 65 a 77, não afetam o desempenho produtivo de frangos de corte. Valores estes que corroboram com o observado no presente estudo, que apresentou valores de ITGU entre 68 e 73 durante todo o período experimental. O índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), atualmente é considerado o mais apropriado para predizer as condições de conforto térmico, pelo fato de incorporar a temperatura de bulbo seco, a umidade relativa, a velocidade do vento e a radiação na forma de temperatura de globo negro (tgn) em um único valor (SANTOS et al., 2005).

As dietas experimentais e a temperatura ambiente avaliadas no presente estudo, não provocaram alterações nas variáveis analisadas por meio da hemogasometria venosa. O experimento foi realizado durante a estação de outono, quando ocorrem reduções nas ondas de calor, o que pode representar que as aves já estavam aclimatadas.

A capacidade de aclimação das galinhas poedeiras ao calor está relacionada à alteração nos limites da termotolerância por meio da vasodilatação periférica e vasoconstrição visceral. Na ave aclimatada ocorre redução da frequência cardíaca com maior volume sistólico promovendo aumento na eficiência cardíaca. Esta capacidade provoca maior termólise sensível e latente além de redução da produção de calor (ABDELQADER et al.,

2014). Segundo Yahav et al. (2009) a capacidade de aclimação das galinhas poedeiras a temperaturas acima da sua zona de conforto térmico, ocorre após sete dias de exposição ao calor.

Este pode ser o principal fator de não ter sido observado reflexo do ambiente térmico sobre os parâmetros analisados e também sobre o desempenho produtivo das poedeiras comerciais. Todavia, se faz necessário a compreensão dos distúrbios metabólicos clínicos ou subclínicos relacionado aos gases presente no sangue, ao equilíbrio ácido-base e aos eletrólitos para fornecerem uma visão sobre as condições que afetam as aves.

Os valores obtidos para as variáveis analisadas em hemogasometria venosa se assemelham aos encontrados por Schaal et al. (2015), ao avaliarem galinhas poedeiras com vinte semanas de idade até sessenta e oito semanas em condições de conforto térmico. Os autores destacaram que, embora os valores obtidos possam servir de referência, pode haver diferenças entre as linhagens genéticas, sistemas de manejo e exigências nutricionais que justificam foco específico.

Conforme mencionado anteriormente, durante o período experimental, foi possível verificar grande oscilação da temperatura ambiente no decorrer dos dias, resultando em amplitudes térmicas com variações de até 17°C entre a temperatura diária. Durante o dia ocorrem temperaturas do ar mais elevadas quando comparado ao período da noite que apresenta temperaturas mais amenas, expondo as aves a um estresse térmico cíclico. Deste modo, à noite durante a formação da casca do ovo, os níveis de dióxido de carbono perdidos na respiração ofegante durante o dia, podem ser recuperados, evitando-se um quadro de alcalose respiratória, o que prejudicaria a formação da casca. Esta amplitude térmica elevada também pode ser capaz de recuperar o cálcio no sangue quando a casca está em formação (De Andrade et al., 1977).

Para verificar as condições de bem-estar térmico das galinhas poedeiras, destacam-se também a aferição das temperaturas cloacal e superficiais como importantes parâmetros fisiológicos para avaliar a interferência do ambiente térmico sobre as aves. A temperatura cloacal em condição de conforto térmico deve permanecer entre 40,5°C a 41,5°C (DAGHIR, 2008). Estes valores indicam que no presente estudo a temperatura ambiental e as rações experimentais não foram capazes de alterar a temperatura cloacal das aves, que se encontraram entre 40,96 e 41,04°C o que indica que as trocas térmicas superficiais foram suficientes para manter a homeotermia.

A menor temperatura cloacal foi observada para as aves que consumiram menos ração, ou seja, aquelas que receberam a dieta com a maior quantidade de energia metabolizável

(3,050 kcal/kg), provavelmente, com menor ingestão de ração, menos calor metabólico foi gerado, tendo como consequência menor temperatura. O mesmo foi observado por Ferreira et al. (2018), em que as aves que consumiram a ração que continha 2,750 kcal EM/kg apresentaram valores superiores na temperatura cloacal quando comparadas àquelas que ingeriram ração com 3,250 kcal EM/kg, principalmente em ambiente quente.

Resultados semelhantes foram encontrados por Castilho et al. (2015), em que os mesmos avaliaram os parâmetros fisiológicos de poedeiras comerciais Dekalb White com 20 semanas de idade, alojadas em diferentes densidades e em condições de conforto térmico. A temperatura cloacal média observada para as aves alojadas em uma densidade igual ao presente estudo, de 12 aves/gaiola ($375 \text{ cm}^2/\text{ave}$), foi de $41,29^\circ\text{C}$, demonstrando que as mesmas se encontravam em conforto térmico.

As aves apresentaram menores valores de temperatura cloacal e superficiais no período da manhã, em relação ao período da tarde. Estes resultados confirmam a relação entre a temperatura do corpo e a temperatura ambiente, destacando o forte efeito do ambiente térmico sobre as aves. O mesmo foi observado por Marelli et al. (2012) ao avaliarem os efeitos da temperatura ambiente sobre as respostas fisiológicas de frangos de corte de pescoço pelado. Os autores afirmaram que a temperatura superficial das aves variou de acordo com a temperatura do ambiente de criação. De acordo com Ruzal et al. (2011), a relação direta da temperatura ambiente com a temperatura superficial pode estar relacionada com a redistribuição do fluxo sanguíneo no corpo, uma vez que o aumento da temperatura ambiente provoca uma resposta fisiológica levando a vasodilatação periférica.

Foram observados menores valores de temperatura superficial para o parâmetro temperatura do corpo. De acordo com Loyau et al. (2016), o espesso revestimento de penas das galinhas poedeiras na maior parte do corpo funcionam como isolante térmico, onde a atividade vasomotora é mínima, sendo esta região caracterizada como vasorregulatória conservadora (SHINDER et al., 2007). Devido a isso, essas regiões empenadas apresentam menores valores de temperatura superficial quando comparadas a regiões sem empenamento que são ricas em rede vascular, o que torna essa área um importante local de troca térmica, onde há um fluxo de calor sensível do animal para o ambiente (CAMERINI et al., 2016).

Avaliando os resultados de desempenho observa-se que um aumento no teor de energia metabolizável (EM) da ração de 2,600 para 3,050 kcal/kg (um aumento de 17%), resultou em redução do consumo de ração de 12,7%. Tomando como base a dieta controle (2,750 kcal/kg) recomendada pelo manual da linhagem, a redução do consumo foi de 8,8% quando comparado ao tratamento que apresentava o maior nível de EM (3,050 kcal/kg). O

aumento no teor de EM da ração de 2,600 para 2,750 kcal/kg, reduziu o consumo de ração em 4,4%. Segundo Ribeiro et al. (2014), galinhas poedeiras consomem para satisfazer suas necessidades energéticas e um dos fatores que as fazem regular o consumo de ração é o nível de energia metabolizável presente na dieta, desta forma um aumento no conteúdo energético deve reduzir o consumo de ração.

Estes resultados foram consistentes com estudos anteriores realizados com poedeiras comerciais em fase de postura. A redução do consumo de ração com o aumento dos teores de EM, foi relatado por Pérez-Bonilla et al. (2012), onde um aumento no conteúdo energético da dieta de 2,650 para 2,950 kcal EMAn/kg (um aumento de 11%), reduziu o consumo de ração em 4%. O mesmo foi observado por Kang et al. (2018), ao aumentarem o conteúdo energético das dietas em 11% (2,750 a 3,050 kcal de EMAn/kg), resultou em redução do consumo de alimentos em 4,7%. Em um estudo realizado por Ding et al. (2016), os mesmos verificaram que o aumento no nível de EM da dieta de 2,650 para 2,750 kcal/kg reduziu o consumo de ração em 3,4%, dados estes consistentes com os resultados obtidos no presente estudo.

Galinas poedeiras tendem a manter um determinado consumo de energia diário, porem situações adversas como variações climáticas reduzem ainda mais a eficiência de utilização da energia (ROSNIECEK et al., 2015). A amplitude térmica observada no presente estudo e as médias da temperatura ambiental que se mantiveram fora da zona de termoneutralidade indicada pelo manual da linhagem não foram capazes de reduzir o consumo de ração das aves. Conforme indicado no manual da linhagem as aves que receberam a dieta controle (2,750 kcal EM/kg) deveriam consumir em média de 105 a 110g/dia, o consumo obtido no presente estudo para as aves que receberam esta dieta ficou em média 113 g/ave/dia.

A conversão alimentar por massa de ovos (kg/kg) diminuiu linearmente de 2,132 para 1,894, resultando em uma redução líquida de 11,1%. A conversão alimentar por dúzia de ovos (kg/dz) também reduziu linearmente de 1,479 para 1,317 apresentando de forma semelhante uma redução de 10,9%. Ambas as taxas de conversão alimentar indicaram uma melhoria à medida que se aumentou o nível de EM das rações, estes resultados se assemelham aos encontrados por Wu et al. (2005) e Ribeiro et al. (2014). Os autores afirmam que galinhas poedeiras consomem ração para satisfazer suas necessidades energéticas e, portanto, dietas ricas em EM resultam em melhorias da taxa de conversão alimentar.

Segundo Bertechini (2013), a inclusão de óleo para incrementar a energia metabolizável das dietas tem efeito positivo na conversão alimentar devido ao seu efeito extra-calórico e por reduzir a taxa de passagem dos alimentos. O efeito extra-calórico refere-

se a maior energia líquida da gordura, uma vez que a deposição da mesma na ave é mais eficiente quando se utiliza gordura dietética do que a síntese de ácidos graxos e glicerol a partir de precursores da acetil coenzima A (FRANCO, 1992). A inclusão de gordura na dieta leva a redução da síntese de ácidos graxos, proporcionando a ave uma maior energia para o seu desempenho produtivo (APARECIDA RODRIGUES et al., 2005).

A redução do consumo de ração à medida que se aumentou os teores de energia da dieta resultou em um aumento no consumo de energia. Em um estudo similar, Kang et al. (2018), aumentaram o conteúdo energético das dietas de 2,750 para 3,050 kcal EM/kg, onde também detectaram aumento no consumo de energia de 366,1 para 387,3 kcal/ave/dia. Já em um estudo realizado por Ribeiro et al. (2014), os mesmos não encontram diferença no consumo de energia a medida que se aumentaram os teores energéticos das rações (2,700 para 3,000 kcal EM/kg), os autores relatam um consumo de 260 kcal/ave/dia.

Com relação à qualidade dos ovos o parâmetro coloração da gema é considerado um atributo sensorial que não está relacionado ao valor nutritivo do alimento. A pigmentação da gema resulta da deposição de xantofilas que são um grupo de pigmentos carotenóides, sendo o milho uma das principais fontes de carotenóides naturais, desta forma a concentração deste alimento pode determinar a intensidade da pigmentação da gema dos ovos (GARCIA et al., 2002).

Segundo Grashorn (2016), os carotenóides são absorvidos no intestino delgado das aves, associados à quilomícrons e transportados para o fígado, onde ocorre o metabolismo lipídico. No fígado os carotenóides são incorporados a lipoproteínas de muito baixa densidade (VLDL) e lipoproteínas de baixa densidade (LDL) e depois estas são liberadas na corrente sanguínea e transferidas para os tecidos alvos. Já no ovário as lipoproteínas tem que passar por uma série de camadas da membrana folicular, elas se ligam a receptores específicos e são incorporadas a gema.

A alteração da coloração da gema no presente estudo pode estar relacionada com a quantidade de milho presente nas rações experimentais e com o consumo das aves (KARUNAJEEWA, 1972). As aves que receberam a ração que continha o maior nível de EM apresentaram a menor coloração da gema. Essa menor coloração está relacionada ao fato de que a ração que continha 3,050 kcal EM/kg possuía a segunda menor quantidade de milho e houve um menor consumo de ração para as aves que receberam este tratamento quando comparada as outras dietas.

Resultado semelhante foi encontrado por Gunawardana et al. (2008), em um estudo feito com poedeiras comerciais com 70 semanas de idade, onde a redução da quantidade de

milho da dieta resultou em uma menor coloração de gema. Granghelli et al. (2019), também observaram redução na intensidade de cor da gema dos ovos a medida em que se aumentou o teor de energia da ração. Os mesmos atribuem a menor coloração ao menor consumo e, portanto, baixa ingestão de milho que é uma das principais fontes de pigmentos responsáveis pela cor da gema.

Ribeiro et al. (2014), não detectaram efeito dos níveis de EM das rações experimentais na coloração da gema dos ovos de poedeiras comerciais no início do período de postura, em contrapartida Da Silva et al. (2007) e Pérez-Bonilla et al. (2012), encontraram maiores valores de coloração da gema nos ovos das poedeiras alimentadas com dietas contendo o maior teor de EM. Estes resultados podem ser explicados pelo fato das aves absorverem principalmente as xantofilas, também chamadas de oxicarotenóides presentes na dieta, estes são a principal fonte de pigmento responsável pela cor da gema e são altamente solúveis em gordura. Desta forma quando aumentamos a concentração de energia da dieta, o nível de gordura aumenta, favorecendo assim a absorção de xantofilas no trato gastrointestinal da ave (LÁZARO et al., 2003).

O método de análise por meio do peso específico dos ovos permite uma avaliação indireta para determinar a qualidade da casca do ovo (HAMILTON, 1982). As aves que receberam a dieta com o maior teor de EM (3,050 kcal/kg), apresentaram o menor valor de peso específico quando comparado aos outros tratamentos experimentais, apesar desta diferença estatística os números obtidos são muito próximos. Resultados semelhantes foram encontrados por Wu et al. (2005), ao avaliarem duas linhagens de poedeiras comerciais (Bovans White e Dekalb White) com 21 semanas de idade, recebendo dietas contendo diferentes teores de EM (2,719 a 2,959 kcal de EM/kg). Os autores observaram uma queda no peso específico do ovo quando os níveis energéticos foram aumentados (1,090; 1,090; 1,089 e 1,089), os valores encontrados correspondem ao resultado obtido no presente estudo (1,090; 1,090; 1,089 e 1,088). Os mesmos afirmam que esta queda pode estar relacionada ao aumento do peso dos ovos e/ou ingestão de cálcio causada pelo aumento da energia da dieta.

Para que as aves atinjam o máximo desempenho produtivo é necessário fornecer o correto aporte de todos os nutrientes. No presente estudo, as rações utilizadas foram isonutritivas, exceto em seu teor de energia metabolizável, desta forma a medida que se aumentou os teores de energia metabolizável das rações, ocorreu redução do consumo, reduzindo então a ingestão de todos os nutrientes.

Na nutrição de galinhas poedeiras, dois minerais que merecem destaque são o cálcio e o fósforo, pois participam das funções vitais no organismo, como constituintes da estrutura

óssea, no equilíbrio ácido-básico, nos sistemas enzimáticos e são componentes principais da casca dos ovos (NUNES et al., 2006). Para que ocorra a formação da casca dos ovos, é necessário que a ave consuma uma quantidade adequada destes dois minerais, visto que existe uma interação muito forte entre eles. Segundo Vellasco et al. (2016), o excesso de cálcio pode interferir na absorção de outros minerais, afetando a homeostasia desses minerais e dietas deficientes ocasionam redução da produção de ovos e ocorrência de casca fina ou porosa.

De acordo com o autor o fósforo é essencial em uma série de atividades metabólicas. Dietas deficientes em fósforo provocam alterações no metabolismo energético de carboidratos, aminoácidos e gordura, nos processos químicos do sangue, no crescimento do esqueleto, no transporte de ácidos graxos e de outros lipídios. Segundo Schoulten et al. (2003), quando este mineral é fornecido em excesso pode ser prejudicial para a qualidade da casca dos ovos, devido à formação de fosfato insolúvel no intestino, o que reduz a utilização de outros minerais como o cálcio, o manganês, o zinco e o cobre. O excesso do mesmo prejudica a liberação do cálcio ósseo e a adequada mineralização da casca, resultando em má qualidade da casca do ovo. Portanto, ao se formular a ração, deve-se buscar a relação entre esses minerais que seja mais apropriada para as aves e que produza menor excreção destes.

No presente estudo, os valores de consumo de cálcio e fósforo reduziram à medida que se aumentou os teores de energia metabolizável das rações. Mesmo com a menor ingestão de nutrientes, não foi observada influência dos teores de EM sobre a taxa de produção e o peso dos ovos, o que pode indicar que os níveis recomendados pelo manual da linhagem podem estar sendo supervalorizados.

Em relação à porcentagem dos constituintes do ovo, os diferentes teores de energia metabolizável das rações interferiram nos mesmos. A proporção de casca no ovo foi maior para as aves que receberam as rações contendo 2,900 e 2,750 kcal EM/kg respectivamente. A menor porcentagem de casca foi das aves que receberam a ração que continha o maior nível de EM (3,050 kcal/kg), resultado este que está relacionado ao menor consumo de cálcio das aves que receberam esse tratamento. Resultados semelhantes foram encontrados por Pérez-Bonilla et al. (2012) e Costa et al. (2004), onde a qualidade da casca do ovo foi susceptível ao aumentos dos níveis energéticos das dietas, demonstrando comportamento linear decrescente.

Segundo Hester (1999), níveis elevados de óleo na dieta podem resultar em piora da qualidade da casca dos ovos, ou seja, interfere no metabolismo mineral, especialmente sobre a retenção de cálcio por meio da formação de sabões insolúveis durante o processo de digestão. Este fato pode estar relacionado ao nível de estrógeno, o qual se refere a capacidade de absorção intestinal do cálcio, ao passo que ele favorece a síntese da vitamina D3

(DELL'ISOLA et al., 2003). Conforme revisado por Oliveira & Oliveira (2013), esta vitamina regula diversas reações do metabolismo do cálcio e do fósforo, aumenta a síntese das proteínas transportadora de cálcio no enterócito (Calbindina), influenciando desta forma na qualidade da casca dos ovos.

As calbindinas são proteínas intracelulares que possuem elevada afinidade para o cálcio ligando-se a quatro átomos por vez. Essa proteína pode ser dividida em duas subclasses: a proteína de aproximadamente 28,000 peso molecular (calbindina D-28k) e a proteína de aproximadamente 9,000 peso molecular (calbindina D-9k) (CHRISTAKOS et al., 2011). A calbindina está localizada no intestino das aves, principalmente no citoplasma de células absorptivas. Ambas as classes exercem a função de transportar o cálcio no citosol, se ligando ao mesmo e facilitando a difusão entre as superfícies apical e basolateral da célula (HOENDEROP et al., 2005).

Segundo Júnior et al. (2018), uma série de fatores pode interferir na atuação das proteínas transportadoras, prejudicando assim a absorção de cálcio e o desempenho produtivo das aves, principalmente relacionado aos fatores nutricionais e fisiológicos. Dentre os fatores a vitamina D tem recebido destaque, visto que a mesma apresenta como função estimular a ativação do transporte de cálcio no duodeno a partir do lúmen para a corrente sanguínea. A vitamina D aumenta a absorção de cálcio, pois ativa os mecanismos necessários para a absorção e induz o seu transporte.

Foi determinada uma maior porcentagem de albúmen nos ovos das aves que receberam a dieta que continha o maior teor de energia metabolizável (3,050 kcal/kg). Segundo Whitehead et al. (1993), a inclusão de óleos na ração influi positivamente na concentração de albúmen, pois o ácido linoleico aumenta a síntese de triglicérides e lipoproteínas no fígado, que são secretados e chegam ao ovário para participarem do desenvolvimento do folículo ovariano e da síntese de albúmen no oviduto.

Esse resultado está de acordo com o estudo feito por Costa et al. (2004), onde os mesmos verificaram que a medida que se elevava o teor energético e proteico das dietas, ocorre um aumento da porcentagem de albúmen. Segundo Morris (2004), o aumento na quantidade de albúmen depende também da relação entre proteína e aminoácidos e proteína e energia. Segundo o autor, essa relação com a energia se justifica, pois a dieta é formulada com base na energia metabolizável, então quando se altera a concentração dietética ocorrem mudanças nas especificações de aminoácidos e estas podem afetar a deposição de proteína no ovo, de acordo com o nível energético da dieta.

Segundo Mendonça (1996), o correto aporte proteico, baseado nas exigências em aminoácidos essenciais, principalmente lisina e metionina + cistina é de suma importância para melhor desempenho produtivo e qualidade dos ovos. Dietas deficientes em lisina podem levar a redução da síntese proteica, influenciando na qualidade dos ovos, dentre os parâmetros destacam-se a Unidade de Haugh e o índice de albúmen. Os resultados encontrados no presente estudo comprovam que mesmo com a redução do consumo de proteína e de todos os outros nutrientes, não ocorreu redução na porcentagem de albúmen, visto que a redução no consumo de aminoácidos deveria ocasionar redução na porcentagem do mesmo, comprovando assim que estes não estavam limitantes na dieta.

A inclusão de 2.750 kcal de EM/kg, conforme recomendado pelo manual da linhagem, proporcionou maior porcentagem de gema. Esta maior quantidade de gema, está relacionada com a menor concentração de albúmen nos ovos das aves que receberam esta dieta e ao consumo de energia elevado quando comparado as aves que receberam o menor teor de EM na ração.

5. CONCLUSÃO

A avaliação das galinhas poedeiras por meio da termografia de infravermelho não identificou efetivamente alterações nas temperaturas superficiais provocadas por modificações na atividade metabólica das galinhas poedeiras alimentadas com rações contendo diferentes teores de energia metabolizável.

REFERÊNCIAS

- ABDELQADER, A.AL-FATAFATAH, A. Thermal acclimation of broiler birds by intermittent heat exposure. **Journal of Thermal Biology**, v. 39, p. 1-5, 2014.
- APARECIDA R. E. et al. Desempenho, qualidade da casca e perfil lipídico de gemas de ovos de poedeiras comerciais alimentadas com níveis crescentes de óleo de soja no segundo ciclo de postura. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 27, n. 2, 2005.
- ARMSTRONG, D.V. Heat stress interaction with shade and cooling. **Journal of dairy science**, v. 77, n. 7, p. 2044-2050, 1994.
- BARBOSA FILHO, J. A. D. Avaliação do bem-estar de aves poedeiras em diferentes sistemas de produção e condições ambientais, utilizando análise de imagens. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2004.
- BERTECHINI, A. G. Nutrição de monogástricos. Lavras, Ed. UFLA, 2013.
- BRANT, A. W; OTTE, A. W; NORRIS, K.H. Recommend standards for scoring and measuring opened egg quality. **Food Technology**, v.5, p.356-361, 1951.
- BUFFINGTON, D. et al. Black globe-humidity index (ITGU) as comfort equation for dairy cows. **Trans. ASAE**, v.24, p.711-714. 1981.
- CAMERINI, N. L. et al. Variação da temperatura superficial de aves poedeiras criadas em dois sistemas de criação utilizando termografia. **Agropecuária Científica No Semiárido**, v. 12, n. 2, p. 145-152, 2016.
- CASTILHO, V.A.R. et al. Bem-estar de galinhas poedeiras em diferentes densidades de alojamento/welfare of laying hens in different densities of housing. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 9, n. 2, p. 122-131, 2015.
- CHRISTAKOS, S.; MADY, L. J.; DHAWAN, P. The Calbindins: Calbindin-D28K and Calbindin-D9K and the Epithelial Calcium Channels TRPV5 and TRPV6. In: Vitamin D. Academic Press, 2011. p. 363-379.
- COSTA, F.G.P. et al. Levels of crude protein and metabolizable energy on the production and eggs quality of Lohmann Brown layers strain. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 6, p. 1421-1427, 2004.
- DAGHIR, N. J. (Ed.). Poultry production in hot climates. **Cabi**, 2008.
- DA SILVA, A.B.P. et al. Efeito do consumo de energia e óleo vegetal sobre a qualidade de ovos de poedeiras semipesadas. **Ciência Animal Brasileira**, v. 8, n. 4, p. 647-656, 2007.
- DE ANDRADE, A.N. et al. Interrelationships between diet and elevated temperatures (cyclic and constant) on egg production and shell quality. **Poultry Science**, v. 56, n. 4, p. 1178-1188, 1977
- DELL'ISOLA, A.T.P. et al. Effect of soybean oil in diets with different calcium levels on

calcium and phosphorus absorption and bone retention in broiler chickens. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 55, n. 4, p. 461-466, 2003.

DING, Y. et al. Effects of metabolizable energy and crude protein levels on laying performance, egg quality and serum biochemical indices of Fengda-1 layers. **Animal Nutrition**, v. 2, n. 2, p. 93-98, 2016.

DONATO, D.C.Z. et al. A questão da qualidade nosistema agroindustrial do ovo. In: 47º **Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural**. 2009.

FRANCO, S. G. Programas de alimentação e fontes de óleo para frangos de corte. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 1992.

FURTADO, D.A. et al. Efeitos de diferentes sistemas de acondicionamento ambiente sobre o desempenho produtivo de frangos de corte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 2, p. 484-489, 2006.

GARCIA, E. A. et al. Efeito dos níveis de cantaxantina na dieta sobre o desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, 2002.

GRANGHELLI, C. A. et al. Effects of dietary metabolizable energy levels and beak trimming on the performance, egg quality, and economic viability of layers. **Poultry science**, 2019.

GRASHORN, M. Feed additives for influencing chicken meat and egg yolk color. In: **Handbook on Natural Pigments in Food and Beverages**. Woodhead Publishing, 2016. p. 283-302.

GUNAWARDANA, P.; ROLAND SR, D. A.; BRYANT, M. M. Effect of energy and protein on performance, egg components, egg solids, egg quality, and profits in molted Hy-Line W-36 hens. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 17, n. 4, p. 432-439, 2008.

HAMILTON, R. M. G. Methods and factors that affect the measurement of egg shell quality. **Poultry science**, v. 61, n. 10, p. 2022-2039, 1982.

HESTER, P. Y. A qualidade da casca do ovo. *Avic. Ind.*, São Paulo, v. 90, n. 1072, p. 20-30, 1999.

HOENDEROP, J.G.J. et al. Calcium absorption across epithelia. **Physiological reviews**, v. 85, n. 1, p. 373-422, 2005.

JÚNIOR, Jalceyr Pessoa Figueiredo et al. TRANSPORTADORES DE CÁLCIO E FÓSFORO EM AVES DE POSTURA. **Campo Digital**, v. 13, n. 1, 2018.

KANG, H.K.. et al. Effect of increasing levels of apparent metabolizable energy on laying hens in barn system. **Asian-Australasian journal of animal sciences**, v. 31, n. 11, p. 1766, 2018.

KARUNAJEEWA, H. Effect of protein and energy levels on laying performance of strains of different bodyweights. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 12, n. 57, p. 385-391, 1972.

KILIC, I. SIMSEK, E. The effects of heat stress on egg production and quality of laying hens. **J Anim Vet Adv**, v. 12, n. 1, p. 42-7, 2013.

KNUPP, D. C. Análise Teórico-Experimental de Transferência de Calor em Nanocompósitos via Transformação Integral e Termografia por Infravermelho. 2010. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

LARA, L.; ROSTAGNO, M.. Impact of heat stress on poultry production. **Animals**, v. 3, n. 2, p. 356-369, 2013.

LÁZARO, R. et al. Effect of enzyme addition to wheat-, barley-and rye-based diets on nutrient digestibility and performance of laying hens. **British Poultry Science**, v. 44, n. 2, p. 256-265, 2003.

LOYAU, T. et al. Heritability of body surface temperature in hens estimated by infrared thermography at normal or hot temperatures and genetic correlations with egg and feather quality. **Animal**, v. 10, n. 10, p. 1594-1601, 2016.

MANEGEMENT GUIDE LOHMANN LSL-Lite (s.d). Disponível em <http://www.hylinena.com/UserDocs/products/Lohmann_LSL-Lite.pdf> Acesso em: 15 de janeiro de 2019.

MARELLI, S.P. et al. Thermography, a non invasive method to investigate thermo regulation as welfare indicator in naked neck broiler chickens. In: **11th International Conference on Quantitative Information for Red Thermography**. 2012. p. 11-14.

MASHALY, M.M. et al. Effect of heat stress on production parameters and immune responses of commercial laying hens. **Poultry science**, v. 83, n. 6, p. 889-894, 2004.

MENDONÇA, B. P. Manejo alimentar de matrizes pesadas. In: Anais da Conferência APINCO de Ciência e Tecnologia Avícola. 1996. p. 77-90.

MORENG, R. E.; AVENS, J. S. Anatomia e fisiologia das aves. Ciência e produção de aves. Tradução Nair Massako Katayma Ito. São Paulo: Roca, p. 43-75, 1990.

MORRIS, T. R. Nutrition of chicks and layers. **World's Poultry Science Journal**, v. 60, n. 1, p. 5-18, 2004.

NÄÄS, I. A.; ROMANINI, C. E. B.; NASCIMENTO D.P.N.G.R., Vercellino R.A. Distribuição da temperatura superficial de frangos de corte com 42 dias de idade. **Scientia Agricola**. Piracicaba, v. 67, p. 497-502, 2010.

NUNES, R. V. et al. Efeito dos teores de cálcio para poedeiras semipesadas durante a fase de pré-postura e no início da postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 5, p. 2007-2012, 2006.

OLIVEIRA, B. L.; OLIVEIRA, D. D. Qualidade e Tecnologia de Ovos. – Lavras: Ed. UFLA, 2013. 224 p.

PÉREZ-BONILLA, A. et al. Effects of energy concentration of the diet on productive performance and egg quality of brown egg-laying hens differing in initial body weight. **Poultry science**, v. 91, n. 12, p. 3156-3166, 2012.

RIBEIRO, P.D.A.P. et al. Effect of dietary energy concentration on performance parameters and egg quality of white leghorn laying hens. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 16, n. 4, p. 381-388, 2014.

ROSNIECEK, M. et al. Níveis de energia metabolizável pós pico para poedeiras leves criadas em galpões abertos durante o período de inverno. **Archives of Veterinary Science**, v. 20, n. 2, 2015.

RUZAL, M. et al. Ventilation plays an important role in hens' egg production at high ambient temperature. **Poultry Science**, v. 90, n. 4, p. 856-862, 2011.

SAHIN, K. et al. Dietary arginine silicate inositol complex improves bone mineralization in quail. **Poultry science**, v. 85, n. 3, p. 486-492, 2006.

SANTOS, P.A.D. et al. Thermal environment inside models of poultry housings in reduced scale with natural and artificial ventilated roofs. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 3, p. 575-584, 2005.

SCHAAL, T.P. et al. Commercial Hy-Line W-36 pullet and laying hen venous blood gas and chemistry profiles utilizing the portable i-STAT® 1 analyzer. **Poultry science**, v. 95, n. 2, p. 466-471, 2015.

SCHOULTEN, N. A et al. Níveis de cálcio em rações de frangos de corte na fase inicial suplementadas com fitase. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 5, p. 1190-1197, 2003.

SHINDER, D. et al. Thermoregulatory responses of chicks (*Gallus domesticus*) to low ambient temperatures at an early age. **Poultry science**, v. 86, n. 10, p. 2200-2209, 2007.

STEEL, R.G.; TORRIE, J. Principales And Pricedures Of Statistics. 1960.

THOM, Earl Crabill. The discomfort index. *Weatherwise*, v. 12, n. 2, p. 57-61, 1959.

TEIXEIRA, V. H. Estudo dos índices de conforto em duas instalações de frango de corte para as regiões de Vicoso e Visconde do Rio Branco, MG [Minas Gerais, Brasil]. 1983.

VELLASCO, C. R. et al. Níveis de cálcio e relação cálcio: fósforo em rações para poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade. **Ciência Animal Brasileira**, v. 17, n. 2, p. 206-216, 2016.

WHITEHEAD, C. C.; BOWMAN, A. S.; GRIFFIN, H. D. Regulation of plasma oestrogen by dietary fats in the laying hen: relationships with egg weight. *British Poultry Science*, v. 34, n. 5, p. 999-1010, 1993.

WU, G. et al. Effect of dietary energy on performance and egg composition of Bovans White and Dekalb White hens during phase I. **Poultry science**, v. 84, n. 10, p. 1610-1615, 2005.

YAHAV, S. et al. Ventilation, sensible heat loss, broiler energy, and water balance under

harsh environmental conditions. **Poultry Science**, v. 83, n. 2, p. 253-258, 2004.

YAHAV, S. Alleviating heat stress in domestic fowl: different strategies. **World's Poultry Science Journal**, v. 65, n. 4, p. 719-732, 2009.