

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**PARTIÇÃO DA ENERGIA METABOLIZÁVEL PARA
CODORNAS JAPONESAS NA FASE DE PRODUÇÃO DE
OVOS**

Ingryd Palloma Teodósio da Nóbrega

Zootecnista

2018

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**PARTIÇÃO DA ENERGIA METABOLIZÁVEL PARA
CODORNAS JAPONESAS NA FASE DE PRODUÇÃO DE
OVOS**

Ingryd Palloma Teodósio da Nóbrega

Orientador: Prof. Dr. Edney Pereira da Silva

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Nilva Kazue Sakomura

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

2018

N754p Nóbrega, Ingrid Palloma Teodósio da
Partição da energia metabolizável para codornas japonesas na fase
de produção de ovos / Ingrid Palloma Teodósio da Nóbrega. --
Jaboticabal, 2018
xii, 50 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2018
Orientador: Edney Pereira da Silva
Banca examinadora: Marcia Helena Machado da Rocha
Fernandes, Sandra Regina Freitas Pinheiro
Bibliografia

1. Energia metabolizável. 2. Exigência nutricional. 3. Codorna
japonesa. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e
Veterinárias.

CDU 636.084:636.6

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

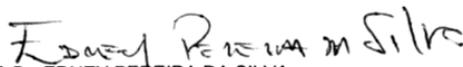
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: PARTIÇÃO DA ENERGIA METABOLIZÁVEL PARA CODORNAS JAPONESAS NA FASE DE PRODUÇÃO DE OVOS

AUTORA: INGRYD PALLOMA TEODÓSIO DA NÓBREGA

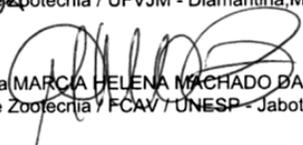
ORIENTADOR: EDNEY PEREIRA DA SILVA

COORIENTADORA: NILVA KAZUE SAKOMURA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em ZOOTECNIA, pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. EDNEY PEREIRA DA SILVA
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Profa. Dra. SANDRA REGINA FREITAS PINHEIRO
Departamento de Zootecnia / UFVJM - Diamantina, MG - Campus JK


Pesquisadora Dra. MARCIA HELENA MACHADO DA ROCHA FERNANDES
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 23 de fevereiro de 2018

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

INGRYD PALLOMA TEODÓSIO DA NÓBREGA, nascida no dia 15 de maio de 1993 em Princesa Isabel, Paraíba, Brasil, filha de Afonso da Nóbrega e Jailma Teodósio da Silva. Ingressou no curso de Zootecnia em 2011 na Universidade Federal Rural de Pernambuco, Campus de Serra Talhada, graduando-se em 2016, sob a orientação da Prof^a. Dr^a Thaysa Rodrigues Torres. Em agosto de 2016 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus de Jaboticabal, sob a orientação do Prof. Dr. Edney Pereira da Silva, sendo bolsista CNPq, submetendo-se à defesa de dissertação em fevereiro de 2018.

Entrega o teu caminho ao Senhor; confia nele, e ele o fará.

Salmos 37:5

A minha família pelo amor e carinho que sempre tiveram por mim, pelos esforços feitos para me ajudar com os estudos e pelo incentivo para que eu não desistisse de lutar pelos meus objetivos; pelos ensinamentos, repreensões e exemplos de decência, honestidade e humildade.

Amo cada um de vocês incondicionalmente.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pelo dom da vida e pelo seu amor de Pai, por ser meu sustento, meu porto seguro nos momentos de tribulação e por não desistir de mim.

À minha família por todo apoio e incentivo, em especial a minha mãe Jailma Teodósio, mulher guerreira, que não mede esforços para ver seus filhos crescerem.

À Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Câmpus de Jaboticabal e ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia, pela oportunidade acadêmica.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela concessão da bolsa de estudo, sem este recurso financeiro seria impossível a realização do curso.

À Empresa Granja VICAMI pela doação das aves e Ajinomoto pela doação das análises.

Ao Laboratório de Ciências Avícolas pela disponibilidade das instalações para execução dos experimentos.

Ao meu orientador Prof. Dr. Edney Pereira da Silva pelos ensinamentos e orientação.

À Prof^a. Dr^a. Nilva Kazue Sakomura pelos ensinamentos e coorientação.

À Marcelo Barbosa e Robson Medeiros pela receptividade e ajuda desde a minha chegada a Jaboticabal.

Às minhas colegas Aline e Juliana pela acolhida em casa.

Ao grupo do Laboratório de Ciências Avícolas pela acolhida, estadia e ajuda, entre eles, colegas de trabalho: Karla, Raian, Letícia Pacheco, Warley, Rafael, Jefferson, Vinícius, Mirella, Mariana, Letícia Soares, Bruno, Heloísa, Marllon, Larissa, Felipe, Fernando, Mateus, Gabriel, Nayara, Camila e Myrielle. Funcionários: Robson, Vicente e Izildo.

Aos alunos do Técnico Agrícola pela cooperação, em especial Davi Bizarri, que me ajudou durante todo o experimento.

À Prof^a Dr^a Regina Umigi, Dr^a Michele Lima, Dr^a Diana Castiblanco e Mainara Francelino pela ajuda durante o experimento.

Aos membros da banca de qualificação Dr. Matheus Reis e Dr. Gabriel Viana, e de defesa Prof^a. Dr^a. Sandra Pinheiro e Dr^a. Márcia Helena pela contribuição, correções e ensinamentos.

Aos amigos e companheiros Warley Alves, Karla Meza, Mirella Melaré, Jeferson Azevedo, Camila Gonçalves, Erika Nayara, Gustavo André, pela amizade construída, pela ajuda, consolo, conforto, pelos momentos de lutas, alegrias e vitórias que passamos juntos.

O meu muito obrigado a todos que me ajudaram nessa jornada.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1 Caracterização do setor de produção comercial de ovos de codorna.....	15
2.2 Exigência nutricional de codornas japonesas	16
2.3 Exigência de energia para codornas japonesas na fase de produção de ovos	17
2.4 Partição da energia ingerida para manutenção, ganho de peso e produção de ovos	19
2.5 Equações de predição da exigência de energia metabolizável para codornas japonesas na fase de produção de ovos.....	20
3. MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1 Aprovação do Comitê de Ética.....	24
3.2 Aves, instalação e delineamento experimental	24
3.3 Dietas experimentais.....	24
3.4 Variáveis respostas.....	26
3.5 Estimativa da eficiência de utilização e exigência de energia para manutenção, ganho de peso e produção de massa de ovo	28
3.6 Avaliação dos modelos	28
4. RESULTADOS	29
4.1 Estimativa da eficiência de utilização e exigência de energia para manutenção	34
4.2 Estimativa da exigência de energia para ganho de peso	35
4.3 Estimativa da exigência de energia para produção de massa de ovo	36
4.4 Avaliação dos modelos	37
5. DISCUSSÃO.....	39
6. REFERÊNCIA.....	44

CERTIFICADO

Certificamos que o Protocolo nº 6.725/15 do trabalho de pesquisa intitulado **"Modelagem da utilização da energia dietética de codornas japonesas em produção"**, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Edney Pereira da Silva está de acordo com os Princípios Éticos na Experimentação Animal adotado pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA) e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), em reunião ordinária de 11 de maio de 2015.

Jaboticabal, 11 de maio de 2015.


Prof.ª Dr.ª Paola Castro Moraes
Coordenadora – CEUA

PARTIÇÃO DA ENERGIA METABOLIZÁVEL PARA CODORNAS JAPONESAS NA FASE DE PRODUÇÃO DE OVOS

RESUMO - Compreender o metabolismo energético das aves e como a energia é utilizada para manutenção, ganho de peso e produção de ovos, permite a elaboração e avaliação de modelos que estimam a exigência nutricional considerando as diferenças de peso corporal (P), ganho de peso (GP) e massa de ovo (MO) na avicultura industrial. Objetivou-se com esta pesquisa analisar os coeficientes que representam a partição da energia ingerida por codornas japonesas na fase de produção de ovos, a partir de um estudo dose-resposta. Foram utilizadas 70 codornas japonesas da linhagem VICAMI®, com 24 semanas de idade, durante 8 semanas, alojadas em galpão convencional. Duas dietas foram formuladas, uma com alto (3.600 kcal/kg) e a outra com baixo (2.100 kcal/kg) teor de energia. Para modificar a energia retida pelas aves, foi empregada a técnica da diluição, obtendo os níveis crescente de energia metabolizável da dieta. Foram utilizados sete tratamentos distribuídos inteiramente ao acaso, com dez repetições e uma codorna por unidade experimental. Os tratamentos foram 2.118; 2.381; 2.557; 2.776; 2.908; 3.171 e 3.435 kcal/kg, com base na composição analisada das dietas determinadas em ensaio de metabolismo. As variáveis analisadas foram ingestão de energia metabolizável (IEM), produção de calor (PC) e energia retida (ER) expressas em kcal/kg^{0,67}. A energia metabolizável para manutenção (EMm) foi obtida a partir da relação entre ER e IEM, considerando a condição ER = 0. A exigência metabolizável para ganho de peso (EMg) foi estimada pela relação entre eficiência de utilização de energia (k) e energia líquida para ganho (ELg). A exigência de energia metabolizável para massa de ovo (EMo), foi obtida por meio da energia retida no ovo, dividida pela eficiência de utilização de energia para massa de ovo (ko). Os valores estimados para EMm, EMg e EMo foram 155,60 kcal/kg P^{0,67}; 5,89 kcal/g e 2,74 kcal/g, respectivamente. Os modelos que predizem a IEM baseados nos parâmetros que representam exigência de energia de acordo com seu fracionamento, foram avaliados por meio da decomposição linear do erro (observado - predito), em erro escalar e viés de predição, obtidos por regressão linear entre os erros e valores preditos. O modelo obtido foi $IEM = 155,60 \times P^{0,67} + 5,89 \times GP + 2,74 \times MO$, a composição do erro analisado (3,79 kcal/ave.dia) mostrou que o modelo é imparcial, com 93% de precisão nas estimativas, portanto, capaz de predizer o conjunto de dados analisados, o que valida seu uso.

Palavras-chave: avaliação de modelo, exigência de energia metabolizável, ganho de peso, manutenção, produção de ovos

PARTITION OF METABOLIZABLE ENERGY FOR JAPANESE QUAILS IN THE EGG PRODUCTION PHASE

ABSTRACT – To understand the energy metabolism of birds and how energy is used for maintenance, weight gain and egg production, allow the elaboration and evaluation of models that estimate the nutritional requirement considering the differences of body weight (BW), body weight gain (BWG) and egg mass (EO) in industrial poultry. The objective of this research was to analyze the coefficients that represent the partition of the energy ingested by Japanese quails in the egg production phase, from a dose-response study. In a conventional shed it was housed 70 Japanese quails of VICAMI® line, at 24 weeks old, during 8 weeks. Based on the dilution technique it was formulated two energy levels diets, one with high (3,600 kcal/kg) and other with low (2,100 kcal/kg). Seven treatments were randomly distributed, with ten replicates and one quail per experimental unit. Treatments were levels of metabolizable energy in the diet being: 2,118; 2,381; 2,557; 2,776; 2,908; 3,171 and 3,435 kcal/kg. The variables analyzed were metabolizable energy intake (MEI), heat production (HP) and retained energy (RE) expressed in kcal/kg^{0.67}. The metabolizable energy for maintenance (ME_m) was obtained from the relation between RE and MEI, solving the equation RE = 0. The metabolizable requirement for weight gain (ME_g) was estimated by the relation between use efficiency of energy (k) and net energy for gain (NE_g). The metabolizable energy requirement for egg mass (ME_e) was obtained by the relation between energy retained in the egg, divided by the energy utilization efficiency for egg mass (k_e). The estimated values for ME_m, ME_g, ME_e were 155.60 kcal/kg BW^{0.67}, 5.89 kcal/g and 2.74 kcal/g; respectively. The models that predict MEI based on the parameters that represent the energy requirement according to its fractionation were evaluated by linear error decomposition (observed - predicted), in scalar error and prediction bias obtained by linear regression between errors and predicted values. The obtained model was $MEI = 155.60 \times BW^{0.67} + 5.89 \times BWG + 2.74 \times EO$, the analyzed error composition (3.79 kcal/bird.day), of display showing the model is unbiased, with 93% accuracy in the estimates, therefore, able to predict the analyzed data set, which validates its use.

Keywords: model evaluation, metabolizable energy requirement, weight gain, maintenance, egg productio

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a produção de ovos de codornas no Brasil cresceu de forma significativa em virtude dos avanços ocorridos principalmente nas áreas de ambiência e genética. A coturnicultura de postura apresentou o maior efetivo em 2014 sobre os últimos anos, contudo, houve um decréscimo no plantel em 2016 em detrimento à perda do poder aquisitivo da população, ocasionando redução na demanda por ovos (IBGE, 2016).

A área que tem maior oportunidade de redução no custo de produção é a nutrição e alimentação das aves. Dentre os fatores que influenciam diretamente a produção de ovos, destaca-se a composição da dieta. Segundo Barreto et al. (2007), a energia da dieta é um dos principais componentes nutricionais que influencia o desempenho das aves. Vários trabalhos têm sido desenvolvidos para determinar a concentração ideal de energia metabolizável para codornas japonesas na fase de postura, mediante ensaios de dose resposta (MOURA et al., 2008; MOURA, 2010; CAVALCANTE et al., 2010; HURTADO-NERY et al., 2014; OMIDIWURA et al., 2016). No entanto, as diferenças nas recomendações encontradas por essas publicações suportam a hipótese que o método utilizado, dose resposta, possibilita obtenção de resultados restrito às condições ambientais e alimentares a qual a pesquisa foi realizada (SAKOMURA, 1996).

Uma alternativa para extrapolar os resultados das pesquisas para situações diferentes daquelas de origem, é conhecer a partição da energia para manutenção, ganho de peso e produção de ovos. Os sistemas produtivos possuem lotes de aves com peso corporal, ganho de peso e produção de ovos diferentes, sendo essas variáveis de estado consideradas pelo método fatorial para calcular a ingestão de energia (SAKOMURA et al., 2005a). Para avaliar a utilização da energia dietética para codornas japonesas e a eficiência com que as codornas utilizam a energia para manter o peso corporal e a produção de ovos, é necessário desenvolver estudos baseados no método fatorial.

Na literatura, apenas dois estudos foram encontrados sobre a utilização da energia para produção de ovos de codornas (JORDÃO FILHO et al., 2011; CASTIBLANCO, 2017). Os autores utilizaram a técnica do abate comparativo para quantificar a energia retida no corpo e para modificar esta retenção, JORDÃO FILHO et al. (2011), ofereceram diferentes programas alimentares de uma mesma raça experimental, com restrição quantitativa entre os tratamentos (100% *ad libitum*, 75%, 50% e 25%) e CASTIBLANCO (2017) utilizou a técnica da diluição (GOUS; GRIESSEL; MORRIS, 1987). A partir desses estudos, diferentes modelos foram gerados, sendo que para JORDÃO FILHO et al. (2011), a exigência de manutenção, ganho de peso e produção de ovos foram estimadas em 92,34 kcal/kg^{0,75}, 6,23 kcal/g e 4,19 kcal/g, respectivamente. Para Castiblanco (2017), a exigência estimada foi de 135,12 kcal/kg^{0,67} para manutenção, 5,25 kcal/g para ganho de peso e 3,1 kcal/g para massa de ovo, utilizando o mesmo genótipo de postura (*Coturnix coturnix japônica*).

Dado os valores para as variáveis de estado, peso corporal de 0,170 kg; ganho de peso de 0,10 g/ave e produção de massa de ovos de 11 g/ave.dia, o modelo de JORDÃO FILHO et al. (2011) prediz uma ingestão de EM de 71 kcal/ave.dia, enquanto que o modelo de CASTIBLANCO (2017), 76 kcal/ave.dia. Além das implicações teóricas, decisões práticas são afetadas, referente aos ingredientes que compõe a dieta e seu custo/benefício.

Atualmente, em granjas automatizadas o fornecimento diário de ração tem sido estabelecido para atender um consumo de ração em torno de 25 g/ave.dia e a concentração de energia na dieta deve ser estabelecida com base nesse consumo de ração. Quando se aplica os modelos de JORDÃO FILHO (2011) e CASTIBLANCO (2017), a recomendação da concentração de energia metabolizável na dieta seria de 2.840 e 3.040 kcal/kg, respectivamente.

Ambos os modelos apresentam variáveis de entrada semelhantes, mas diferem quanto aos parâmetros que representam as constantes nutricionais. Essa diferença exerce efeito significativo sobre o cálculo de ingestão de energia metabolizável e influencia diretamente o desempenho produtivo das aves e a composição da dieta no que se refere a utilização dos ingredientes energéticos, resultando em diferentes custos de produção.

Com base no exposto, faz-se necessário estudos detalhados para possibilitar melhor entendimento e segurança na predição da ingestão de energia metabolizável para codornas japonesas em produção de ovos. Sendo assim, objetivou-se com esta

pesquisa estudar a utilização da energia dietética para produção de ovos de codornas, reavaliar sua partição, ajustar um modelo fatorial para predizer a ingestão de energia metabolizável e avaliar o modelo desenvolvido.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Caracterização do setor de produção comercial de ovos de codorna

A linhagem japonesa (*Coturnix coturnix japônica*) tem sido a mais utilizada para produção de ovos comerciais no Brasil (ALBINO; BARRETO, 2003). Nos dias atuais, a coturnicultura brasileira se configura como uma atividade econômica de produção em escala, chegando a aproximadamente 400 milhões de dúzias de ovos produzidos entre os anos de 2007 a 2016, conforme a série histórica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016).

Dessa forma, a evolução da coturnicultura no país tem sido influenciada por diversos aspectos, dentre eles, fatores econômicos que regem a produção. Em 2014, este ramo da avicultura apresentou o maior efetivo dos últimos anos. Porém, em 2016 houve um decréscimo no plantel em detrimento à perda do poder aquisitivo da população, causando uma redução na demanda por ovos (IBGE, 2016).

De acordo com Oliveira et al. (2007), a otimização da produção de ovos depende de vários fatores, entre os quais se destacam a nutrição e o manejo da criação das aves. Nesse contexto, os avanços ocorridos na nutrição e no melhoramento genético das linhagens, associados às tecnologias empregadas em granjas comerciais, possibilitou um aumento no peso das codornas, no peso dos ovos, na produtividade e um decréscimo na taxa de mortalidade.

No entanto, acredita-se que o ganho de peso na fase adulta, esteja atribuído à gordura corporal, podendo ser interpretado como uma forma de estoque de nutrientes em excesso (EMMANS; FISHER, 1986). Assim, o aumento do peso corporal em conjunto com o aumento do peso do ovo além do padrão desejável (11 g), potencializa o aparecimento de prolapso de oviduto.

Outro aspecto relevante é a fragilidade da casca do ovo devido ao aumento do seu peso. De acordo com Silva e Costa (2009), as codornas produzem ovos mais pesados em relação ao peso corporal, contudo, a proporção da casca é menor e esse fato é agravado com esse aumento do peso. Observa-se então, que o aumento do

peso do ovo proporciona o surgimento de cascas mais finas e menos resistentes, gerando perdas durante a coleta e processamento de ovos.

Além de suprir as exigências nutricionais das aves a formulação de dietas balanceadas conforme o potencial produtivo das codornas, também proporciona um maior retorno econômico ao produtor, uma vez que, o desempenho produtivo das aves está diretamente relacionado à alimentação. No entanto, a determinação dos níveis de exigência nutricional para codornas japonesas ainda é um desafio, visto que, atualmente ainda não há uma padronização de linhagens comerciais.

2.2 Exigência nutricional de codornas japonesas

A exigência nutricional de uma ave pode ser entendida como o resultado do somatório das necessidades diárias para manutenção dos processos vitais do organismo, do crescimento de tecido proteico e adiposo, e da produção de ovos (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2016).

Todavia, as rações para codornas produzidas em sistema brasileiro foram formuladas durante anos baseadas nas recomendações preconizadas pelas tabelas internacionais, como “Nutrient Requirements of Poultry”, NRC (1994) e “Instituto Nacional de La Recherché Agronomique”, INRA (1998), que muitas vezes apresentavam valores não apropriados às condições de criação do país (MOURA et al., 2008). Logo, grande parte das recomendações nutricionais foram estimadas em condições controladas de laboratório ou com outras espécies de aves e posteriormente adaptadas para as codornas.

Silva et al. (2012), afirmam que a extrapolação das exigências nutricionais determinadas para frangos e galinhas não são pertinentes para estimar as exigências para codornas. Atualmente, a formulação de ração para codornas tem sido calculada com base no resultado de estudos desenvolvidos com codornas, originando as tabelas de requerimentos nutricionais, como a Tabelas Brasileira para Aves e Suínos e a Tabelas para Codornas Japonesas e Europeias, ROSTAGNO et al., 2017; SILVA; COSTA, 2009, respectivamente. Assim, grande parte das recomendações estabelecidas são obtidas a partir dos estudos de dose-ótima, devido a praticidade e facilidade de execução do método.

O método dose-resposta baseia-se na descrição quantitativa de variáveis produtivas ou indicadores metabólicos em resposta ao aumento da concentração do nutriente na dieta. Dessa forma, a exigência da ave corresponde ao nível do nutriente

na dieta capaz de maximizar ou otimizar a resposta dos parâmetros avaliados (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2016).

As exigências estimadas a partir de pesquisas realizadas por meio de ensaios de dose-resposta são cabíveis apenas para condições semelhantes às aquelas em que os experimentos foram realizados, as mesmas não são capazes de prever mudanças nas exigências ao longo do tempo (HAUSCHILD; POMAR; LOVATTO, 2010). Diante dessas limitações, outro método tem sido utilizado, denominado como fatorial.

Esse método baseia-se no princípio de que as aves necessitam de energia ou nutrientes para a manutenção dos processos vitais e de atividades, para o crescimento e/ou produção de ovos, fracionando a exigência total em proporções adequadas para cada uma dessas finalidades (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2016). De acordo com Sakomura (1996), o método fatorial considera as diferenças de peso, composição corporal, potencial de crescimento e produção das aves, possibilitando a elaboração de modelos capazes de prever as exigências nutricionais das aves de diferentes linhagens, idades e criadas sob diversas condições.

No entanto, a aplicação do método fatorial depende da determinação de parâmetros que representem a eficiência que a energia é utilizada para tais funções. Pode-se obter essas informações a partir dos estudos de dose-resposta, delineados para obter respostas das aves que representam as variáveis de estado, manutenção do peso corporal, ganho de peso e produção de ovos.

2.3 Exigência de energia para codornas japonesas na fase de produção de ovos

A energia utilizada pelas aves para desempenhar suas funções vitais é resultado da oxidação de constituintes dos alimentos no processo digestível e da produção de calor pelo metabolismo energético (FERNANDES; TORO-VELASQUEZ, 2014). No entanto, apenas uma parte da energia contida na dieta é aproveitada pelos animais.

De acordo com Bertechini (2006), a energia é biologicamente fracionada em energia bruta (EB), energia digestível (ED), energia metabolizável (EM) e energia líquida (EL). Uma vez que a energia for fracionada, cada uma dessas partes pode ser mensurada de diferentes formas.

A principal fração da energia utilizada pelas aves de produção advém da diferença entre a quantidade da energia bruta ingerida e a quantidade da energia

perdida via excreta e gases, conhecida como energia metabolizável aparente (EMA). No sistema de energia para aves, a EMA pode ser expressa em EMAn a partir da correção para balanço de nitrogênio.

Para aves em produção, essa correção baseia-se no fato em que parte dos compostos nitrogenados são catabolizados e excretados como ácido úrico. Sendo assim, a EMA tem sido a base de cálculos para formulação de ração das aves, pois, é a forma efetivamente disponível para o metabolismo animal (SAKOMURA; ROSTANGO, 2016).

Ao analisar os estudos realizados com codornas em produção, para concentração ótima de energia (BELO et al., 2000; PINTO et al., 2002; FREITAS et al., 2005; LOPES et al., 2006; BARRETO et al., 2007; MOURA et al., 2008; MOURA et al., 2010; CAVALCANTE et al., 2010; HURTADO-NERY et al., 2014; HURTADO-NERY et al., 2015; OMIDIWURA et al., 2016), foi observado uma variação de 2.585 a 3.100 kcal/kg, entre os níveis recomendados para maximização das respostas de desempenho. Essa variação 515 kcal/kg, sobre a recomendação do nível de energia metabolizável, exerce grande impacto no cálculo da formulação de ração. Segundo Moura et al. (2008) a energia é um dos fatores nutricionais que mais influencia o custo da dieta, pois, define o tipo e a quantidade dos ingredientes energéticos que serão utilizados na sua composição. Além disso, também influencia diretamente o desempenho produtivo das aves.

Considerando um consumo médio de ração de 24 g/ave obtidos nos trabalhos avaliados, a ingestão de energia metabolizável por ave dia, varia de 62 a 74 kcal. O aumento da concentração de energia além da exigência das aves, pode gerar deposição excessiva de gordura na carcaça, reduzir o consumo de ração e inibir a utilização de alguns nutrientes, como também pode provocar superovulação e aumentar a produção de ovos de duas gemas (EMMANS; FISHER, 1986; SILVA et al., 2003; JORGE NETO, 2003; NASCIMENTO et al., 2004).

Em situações em que a energia for o limitante dietético, o consumo de ração aumentará, até o ponto em que a quantidade de energia ingerida seja suficiente para atender suas necessidades, logo, se o aporte for insuficiente, a produção de ovos será reduzida (MORRIS, 2004; BARRETO et al., 2007).

Contudo, essas pesquisas não oferecem informações necessárias para o estudo das respostas referente à quantidade de energia da dieta que foi utilizada para

manutenção dos processos vitais e a eficiência com que a energia foi usada para a produção de ovos, uma vez que as estimativas são obtidas de forma conjunta.

2.4 Partição da energia ingerida para manutenção, ganho de peso e produção de ovos

A exigência de energia para manutenção, ganho de peso e produção de ovos pode ser determinada a partir de ensaios metabólicos, para medir os componentes do balanço energético, e a partir de técnicas de medida da produção de calor do animal. Essa produção pode ser mensurada por calorimetria direta, indireta ou calorimetria animal por diferença, conhecida como técnica do abate comparativo. (WOLYNETZ; SIBBALD, 1987; RESENDE et al., 2006).

Contudo, o método de abate comparativo tem sido comumente utilizado em pesquisas com aves para determinar os componentes do balanço energético, por ser uma técnica bastante viável e proporcionar uma medida direta da retenção de energia no corpo. A produção de calor obtida a partir desse método é calculada considerando a diferença da ingestão de energia metabolizável e da deposição ou remoção de energia na carcaça em função da própria ingestão (ALBINO et al., 1994; SAKOMURA et al., 2002).

De acordo com Emmans (1994), a energia metabolizável de manutenção (EMm) compreende o resultado da energia utilizada no metabolismo basal, com a produção de calor e com atividades normais. Para aves adultas, essa exigência pode ser interpretada como a quantidade de energia necessária para manter o balanço entre catabolismo e anabolismo (ALBINO et al., 1994), quando a energia retida for igual a zero, ou seja, quando a quantidade de calor produzido for igual a quantidade de calor perdido.

A quantidade de energia exigida para manutenção pode ser obtida a partir da relação linear entre a energia retida total em função da IEM, no qual a intersecção com o eixo X representa a EMm, no momento em que a IEM atinge o ponto de retenção zero (FARREL, 1974). A inclinação da reta (coeficiente *b*) representa a eficiência de utilização da energia metabolizável da dieta para retenção de energia total.

Segundo Sakomura et al. (2014), a exigência de energia é particionada primeiramente para manutenção e depois para deposição proteica e lipídica no corpo, sendo assim, essa deposição só é possível após a manutenção ter sido atendida. A

exigência de energia metabolizável por grama de ganho de peso corporal, geralmente, é determinada pela relação da exigência líquida de ganho pela eficiência de utilização.

De acordo com Sakomura e Rostagno (2016), a eficiência de utilização da energia para deposição corporal, representa a proporção de energia retida para cada kcal de energia metabolizável ingerida, podendo ser determinada pelo coeficiente de regressão b , obtido a partir da relação entre os dois parâmetros mencionados anteriormente. De outro modo, a exigência de energia líquida por grama de peso corporal pode ser estimada a partir dos dados da energia retida no corpo e do peso corporal da ave, em que o coeficiente de regressão b representa o teor de energia por grama de peso corporal.

Quando as aves iniciam o período produtivo a partição da energia para ganho de peso é próxima a zero, visto que, a maior parte da energia acima da manutenção é destinada para produção do ovo. Portanto, a exigência da energia para deposição no ovo é obtida considerando o teor médio de energia do ovo e a eficiência de utilização da energia metabolizável da dieta. Sakomura et al. (2005a), ao estudar a exigência de energia metabolizável para poedeiras, sugerem que a eficiência de utilização da energia para deposição no ovo seja determinada considerando a energia retida no ovo, dividida pela energia metabolizável ingerida, descontando a energia destinada para manutenção e ganho de peso.

Os estudos realizados para estimar as exigências de energia para codornas com base nos modelos de predições ainda são escassos. No entanto, o método fatorial tem sido a base para elaboração de modelos matemáticos que estimam a exigência de energia, além de permitir simular as respostas de aves mantidas sob diferentes condições de criação (SAKOMURA, 1996).

2.5 Equações de predição da exigência de energia metabolizável para codornas japonesas na fase de produção de ovos

Na literatura foram encontrados apenas dois estudos sobre utilização da energia para produção de ovos de codornas (JORDÃO FILHO et al., 2011; CASTIBLANCO, 2017). Desse modo, Jordão Filho et al. (2011), utilizaram a técnica da restrição quantitativa (75%, 50% e 25%) da quantidade fornecida *ad libitum* (100%), para modificar a retenção de energia, e a metodologia do abate comparativo para estimar a deposição ou remoção da energia do tecido animal.

A exigência de energia metabolizável para manutenção, ganho e massa de ovo, foi estimada em 92,34 kcal/kg $P^{0,75}$; 6,23 kcal/g e 4,19 kcal/g, respectivamente. Além disso, a eficiência de utilização da energia dietética foi estimada em 39% para manutenção e produção de ovos.

Castiblanco (2017) empregou a técnica da diluição para modificar a energia retida no corpo das aves, do mesmo modo que o trabalho anterior utilizou o método do abate comparativo para quantificar a retenção de energia no corpo da ave. A IEM observa, foi particionada em 135,12 kcal/kg $P^{0,67}$; 5,25 kcal/g e 3,1 kcal/g, respectivamente, para manutenção, ganho de peso e produção de massa de ovo. Assim, a eficiência de utilização da energia dietética foi estimada em 51%.

Analisando os coeficientes que representam a partição da energia ingerida por codornas japonesas para manutenção e produção de ovos dessas publicações, algumas dúvidas são geradas, principalmente, sobre a pertinência das interpretações fisiológicas de como a energia ingerida é utilizada, uma vez que, os modelos diferem na proporção da utilização de energia para produção de ovos.

Por exemplo, dado o peso corporal de 0,170 kg e produção de massa de ovos de 11 g/ave/dia, o modelo de Jordão Filho et al. (2011) preconiza que a manutenção representa cerca de 34% do total ingerido, ou seja, aproximadamente 67% é destinado para produção de ovos, enquanto que, o modelo de Castiblanco (2017) sugere que 54% seja para manutenção e cerca de 46% seja destinado para produção de ovos. Fazendo um paralelo com poedeiras comerciais, o modelo para calcular a ingestão de energia metabolizável preconizado por Rostagno et al. (2017), estima que a proporção é de aproximadamente 52% para manutenção e de 48% para produção, em relação ao total ingerido com base em uma poedeira comercial com 1,5 kg e 60 g/ave.dia de massa de ovo.

Sob o mesmo ponto de vista, os modelos apresentam estimativas diferentes para eficiência de utilização da energia dietética, sendo 39% para Jordão Filho et al. (2011) e 51% para Castiblanco (2017), deste modo, a eficiência tem sido determinante para desenvolver modelos capazes de prever a ingestão de energia metabolizável fundamentada na sua partição.

De acordo com os valores encontrados na literatura, há uma divergência nos resultados publicados sobre a exigência de manutenção, que podem ser influenciadas pela metodologia empregada. Além das implicações teóricas, essa diferença pode afetar decisões práticas, uma vez que, o fornecimento diário de ração em granjas

comerciais tem sido fixo para atender um consumo de ração alvo, previamente definido.

Em codornas japonesas na fase de produção, esse valor tem sido em torno de 25 g/ave.dia, sendo que, a concentração de energia na dieta deve ser estabelecida com base nesse consumo de ração. Quando se aplica os modelos de Jordão Filho et al. (2011) e Castiblanco (2017), as recomendações de concentração de energia na dieta são de 2.840 e 3.040 kcal/kg, respectivamente. Todavia, a diferença de 220 kcal/kg pode exercer impacto não somente na formulação de ração, no que diz respeito aos ingredientes a serem utilizados, mas também no custo por kg de ração, podendo afetar o desempenho produtivo das aves e o custo de produção.

Portanto, a amplitude das recomendações de concentração de energia na dieta (2.840 e 3.040 kcal/kg) para o mesmo objetivo de produção (peso corporal de 0,170 kg e massa de ovos de 11 g/ave/dia) representa incerteza, podendo acarretar em possíveis perdas econômicas, que em escala, representam um montante significativo para atividade produtiva.

Diante desse cenário, a avaliação dos modelos é de suma importância no seu processo de desenvolvimento, uma vez que, auxilia na escolha do modelo que melhor representa os dados. Sakomura (1996), ressalta a importância de avaliar a precisão do modelo, antes da recomendação, para o cálculo das exigências nutricionais e a aplicação desse modelo em condições práticas.

Desse modo, é recomendável que os modelos que estimam as exigências nutricionais sejam validados antes do uso. Os modelos podem ser avaliados a partir da comparação de dados obtidos na literatura ou observados em ensaios, por meio dos resultados estimados pelo modelo; por simulações da resposta estimada do modelo, aplicando os dados de desempenho esperado e por testes de sensibilidade das estimativas dos modelos no qual os valores dos parâmetros são modificados (BLACK, 1995).

Nesse sentido, vários trabalhos desenvolvidos com aves de produção para avaliar modelos de predição que estimam as exigências nutricionais são validados a partir de respostas obtidos em ensaios de desempenho ou a partir de simulações, aplicando-se no modelo os dados conforme o objetivo da linhagem (RABELLO et al., 2002; SAKOMURA et al., 2005a; SAKOMURA et al., 2005b; RABELLO et al., 2006; OLIVEIRA; WARPECHOWSKI, 2009; SAKOMURA et al., 2014). Sendo assim, os modelos matemáticos têm sido considerados uma ferramenta pertinente para estimar

as exigências nutricionais dos animais, auxiliando na definição dos programas nutricionais mais flexíveis, considerando diferenças entre taxas de crescimento, produção de ovos e ambiente (SAKOMURA et al., 2014).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Aprovação do Comitê de Ética

O protocolo experimental do presente estudo foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA (nº 006725/15), da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista – UNESP – Campus de Jaboticabal.

3.2 Aves, instalação e delineamento experimental

Setenta codornas japonesas da linhagem VICAMI®, foram alojadas em galpão convencional, equipado com gaiolas de arame galvanizado (1,00m x 0,50m x 0,15m), contendo comedouros tipo calha e bebedouros tipo *nipple*. Com 24 semanas de idade, as aves foram selecionadas com base no peso corporal e produção de ovos, distribuídas uniformemente nas unidades experimentais. Os tratamentos foram distribuídos em delineamento inteiramente ao acaso, divididos em sete níveis crescentes de energia metabolizável (EM), sendo: 2.100; 2.400; 2.600; 2.850; 3.000; 3.300 e 3.600 kcal/kg, com dez repetições composta por uma ave cada. Durante o período experimental de 8 semanas, o fornecimento de água foi *ad libitum* e da ração foi fixado em 24 g/ave/dia. O programa de iluminação adotado foi de 17 horas de luz e sete horas de escuro. A temperatura média foi de 25 ± 3 °C e a umidade relativa do ar média foi de $54 \pm 11\%$. A temperatura máxima registrada durante o período experimental foi de 32 ± 3 °C e mínima de 18 ± 3 °C e a máxima umidade relativa do ar foi de $76 \pm 9\%$ e a mínima foi de $31 \pm 15\%$.

3.3 Dietas experimentais

Foram formuladas duas dietas experimentais, uma com alto teor de energia metabolizável (3.600 kcal/kg), contendo 1,24 vezes acima da recomendação de Silva e Costa (2009) e outra com baixo teor de EM (2.100 kcal/kg), calculada para atender 0,72 do estabelecido (Tabela 1). Os demais níveis foram obtidos a partir da diluição entre as duas dietas, em proporções adequadas (Tabela 2). A recomendação dos demais nutrientes, foram mantidos constantes de acordo com Silva e Costa (2009).

Tabela 1. Composição percentual e nutricional das dietas experimentais

Ingredientes	Baixa energia	Alta energia
Milho 8,51%	25,93	44,75
Farelo de soja 45%	30,00	24,44
Farelo de trigo	8,87	0,00
Casca de arroz	19,65	0,00
Inerte	2,00	0,00
Óleo de soja	0,00	12,98
Glúten de milho 60%	3,84	7,21
Calcário calcítico	6,93	7,38
Fosfato bicálcico	1,19	1,31
Sal	0,31	0,36
Cloreto de colina 60%	0,10	0,10
Premix Vit-Min*	0,40	0,40
DL-Metionina 99%	0,37	0,33
L-Lisina HCl 78%	0,28	0,43
L- Arginina 100%	0,10	0,23
L-Treonina 98,5%	0,02	0,03
L-Triptofano 98,5%	0,02	0,05
Total	100,00	100,00
Composição nutricional calculada e analisada		
Energia Metabolizável (kcal/kg)	2.100 (2.118)**	3.600 (3.435)
Proteína Bruta (%)	21,00 (20,55)	20,25 (20,56)
Lisina digestível (%)	1,11 (1,09)	1,11 (1,10)
Metionina+Cistina digestível (%)	0,91 (0,92)	0,91 (0,92)
Metionina digestível (%)	0,65 (0,64)	0,64 (0,64)
Treonina digestível (%)	0,67 (0,65)	0,67 (0,66)
Triptofano digestível (%)	0,23 (0,23)	0,23 (0,23)
Valina digestível (%)	0,83 (0,81)	0,83 (0,81)
Glicina+Serina digestível (%)	1,60 (1,49)	1,56 (1,45)
Histidina digestível (%)	0,47 (0,44)	0,46 (0,44)
Isoleucina digestível (%)	0,77 (0,75)	0,76 (0,74)
Leucina digestível (%)	1,67 (1,60)	1,96 (1,84)
Fenilalanina+Tirosina digestível (%)	1,55 (0,90)	1,63 (0,92)
Arginina digestível (%)	1,29 (1,26)	1,29 (1,28)
Ácido linoleico (%)	0,95	7,98
Colina total (mg/kg)	1,43	1,41
Cálcio (%)	3,20	3,20
Fósforo disponível (%)	0,33	0,33
Sódio (%)	0,16	0,16
Potássio (%)	0,72	0,59

* Nutrientes por quilograma de produto: Vit. A 1.750.000 U.I; Vit. D3 500.000 U.I; Vit. E 2.000 U.I; Vit. K3 500 mg; Vit. B1 250 mg; Vit. B2 875 mg; Vit. B6 500 mg; Vit. B12 1.250 mcg/kg; Niacina 6.250 mg; Colina 65 g; Ácido pantotênico 2.500 mg; Cobre 2.000 mg/kg; Ferro 12,500 g; Manganês 17,500 g; Zinco 12,500 g; Iodo 300 mg; Selênio 50 mg.

** Os valores entre parênteses indicam a concentração dietética analisada pela Ajinomoto Animal Nutrition Group.

Tabela 2. Proporção das dietas e níveis de energia metabolizável calculada utilizados no ensaio

	Níveis de energia kcal/kg						
	2.100	2.400	2.600	2.850	3.000	3.300	3.600
Alta	-	20,00	33,33	50,00	60,00	80,00	100
Baixa	100	80,00	66,67	50,00	40,00	20,00	-
Total	100	100	100	100	100	100	100

3.4 Variáveis respostas

Coletadas

O fornecimento diário da ração (24 g/ave.dia) foi fracionado e fornecido duas vezes ao dia para evitar desperdício. As sobras foram pesadas semanalmente para quantificar o consumo de ração. A produção e o peso dos ovos foram registrados diariamente, sendo que o resultado foi expresso em semanas. O peso corporal das aves (P, g/ave) foi medido semanalmente e foi corrigindo pelo peso do ovo coletado no dia posterior a pesagem corporal.

Analisadas

O valor da energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn) das rações foi determinado pelo método de coleta total de excretas. Ao final da oitava semana, foi adicionado às rações óxido férrico em pó (0,5%) como marcador fecal para iniciar e finalizar o período de coleta. As excretas foram coletadas em bandejas adaptadas sob as gaiolas, duas vezes ao dia, acondicionadas em recipientes plásticos e armazenadas em freezer (-20 °C) até o final do período de coleta. Posteriormente, as amostras foram descongeladas e homogeneizadas, pré-secas e moídas em moinho tipo bola.

No início do experimento foram abatidas 12 aves (abate referência) e ao final, todas as aves foram sacrificadas. Para isso, as aves foram submetidas a um jejum alimentar por 24 horas, pesadas e sacrificadas com o uso CO₂, evitando-se perdas de sangue e de penas, para avaliação da variação na composição da carcaça. As carcaças foram embaladas individualmente e autoclavadas (4 h, 130 °C e 152 kPa). Posteriormente, foram moídas em liquidificador para obter uma amostra homogênea, pesadas e colocadas em estufa sob ventilação forçada a 55 °C durante 72 horas. Após a pré-secagem, as amostras foram moídas em moinho de bola com câmara fechada (modelo MA350) e posteriormente foram analisadas.

As análises bromatológicas das excretas, rações e carcaças foram realizadas no Laboratório Nutrição Animal, conforme as metodologias propostas pela AOAC (2005). A matéria seca (MS) foi determinada em estufa de ventilação e circulação de ar forçado a 105°C durante 16 horas (AOAC - 930.15). A matéria mineral (MM) foi determinada após queima em mufla a 600°C durante 4 horas (AOAC -942.05). O nitrogênio total (N) foi determinado pelo método de Kjeldahl (AOAC- 2001.11) e o valor de proteína bruta (PB) foi obtido multiplicando o N determinado por 6,25. A energia bruta (EB) foi determinada em bomba calorimétrica (IKA Works Inc., Staufen, Germany). O teor de extrato etéreo (EE) foi estimado por diferença, conforme: $EE = 100 - PB - MM - H_2O$.

Calculadas

O consumo de ração (CR) foi calculado semanalmente por diferença entre a quantidade de ração fornecida e sobras. A massa de ovo (MO) foi obtida pelo produto da produção de ovos (PR) e peso do ovo (PO). A conversão alimentar (CA) foi calculada pela divisão do CR pela MO. A ingestão de energia metabolizável (IEM) foi calculada considerando a multiplicação entre CR e concentração de EMAn da dieta. A variação do peso corporal (GP) foi obtida por diferença entre o peso corporal final e inicial das aves, dividido pelo número de dias do período total.

A variação de energia no corpo foi determinada por diferença entre a quantidade contida no final e no início do experimento. A retenção de energia total (ER) foi considerada a soma da energia retida no corpo (ERc) e a retenção de energia no ovo (ERo). A ERc foi obtida a partir da relação entre a energia bruta do corpo (EBc) e o peso corporal da ave. A ERo foi calculada por meio da multiplicação da MO e da energia líquida do ovo (ELo). A concentração de energia contida no ovo foi determinada em bomba calorimétrica. A produção de calor (PC) foi determinada a partir da ingestão de energia metabolizável (IEM) considerando o peso metabólico subtraída pela ER.

As variáveis, IEM, ER e PC foram padronizadas considerando o sistema de unidade por kg de peso metabólico ($kg^{0,67}$). Assim, essas variáveis foram convertidas em $kcal/kg^{0,67}/dia$. A opção em usar 2/3 (~0,67) para representar a taxa metabólica basal das aves foi baseada no estudo meta-analítico de Dodds et al. (2001).

3.5 Estimativa da eficiência de utilização e exigência de energia para manutenção, ganho de peso e produção de massa de ovo

Mantença

A eficiência de utilização da energia (k) foi estimada pela relação entre ER (kcal/kg^{0,67}/dia) e IEM (kcal/kg^{0,67}/dia), a partir da equação $ER = -a + k \times IEM$. A exigência de energia metabolizável para manutenção (EMm, kcal/kg^{0,67}/dia) foi obtida igualando $ER = 0$, $EMm = a/k$. A exigência de energia líquida para manutenção (ELm, kcal/ave/dia) foi estimado por meio da relação entre PC (kcal/kg^{0,67}/dia) e IEM (kcal/kg^{0,67}/dia), utilizando o modelo matemático linear: $PC = ELm + b \times IEM$, conforme CASTIBLANCO (2017).

Ganho de Peso

A energia líquida para ganho de peso (ELg, g/ave/dia) foi estimado pela relação linear simples entre a ERc (kcal/ave) em função do P (g/ave), conforme a equação: $ERc = a + ELg \times P$. A exigência de energia metabolizável para ganho de peso (EMg, kcal/g) foi obtida pela relação entre os coeficientes ELg e k , conforme: $EMg = ELg/k$.

Produção de massa de ovos

A eficiência de utilização para produção de ovos (k_o) foi obtida pela relação entre a conversão de energia em massa de ovo e IEM (kcal/kg^{0,67}/dia) corrigida para EMm e EMg (IEMc, kcal/kg^{0,67}/dia), conforme ERo (kcal/kg^{0,67}/dia) = $a + k_o \times IEMc$. A exigência de energia metabolizável para MO (EMo, kcal/g) foi obtida pela relação entre ELo/k_o .

Estimativas dos coeficientes a partir da regressão linear múltipla

Considerando a relação entre a IEM, $P^{0,67}$ (kcal/kg^{0,67}), GP (g/ave/dia) e MO (g/ave/dia), conforme a equação: $IEM = \beta_1 \times P^{0,67} + \beta_2 \times GP + \beta_3 \times MO$. Os parâmetros β_1 , β_2 e β_3 , foram estimados por regressão linear múltipla sem intercepto. Esses coeficientes representam as exigências de energia metabolizável para manutenção (kcal/kg^{0,67}), ganho de peso (kcal/g) e massa de ovo (kcal/g), respectivamente.

3.6 Avaliação dos modelos

Os modelos de predição elaborados nesta pesquisa e o modelo parametrizado por CASTIBLANCO (2017) foram avaliados, para uma base de dados composta por 130 observações obtidas em ambos os ensaios. Os modelos foram submetidos à

análise dos erros conforme descrito por St-Pierre (2003). Os erros (observado – predito) foram regredidos em função dos valores preditos de acordo com o modelo, $e_i = b_0 + b_1 \times (IEM_i - \mu IEM)$.

Em que e_i é o valor residual para toda observação i ; b_0 e b_1 são estimativas dos parâmetros; IEM_i é o valor predito da IEM para todo i ; μIEM é o valor médio da IEM para todos os valores preditos. A regra de decisão baseia-se no pressuposto que, para o modelo ser imparcial a correlação aproxima-se de 1 quando R^2 aproxima-se de 0, ou seja, os resíduos não estão correlacionados com as predições e a inclinação b_1 do e_i em função de IEM_i é zero se o modelo for imparcial.

Os dados foram analisados por meio one-way ANOVA usando o procedimento PROC GLM do sistema computacional SAS (Statistical Analysis System 2010, versão 9.2).

4. RESULTADOS

O desempenho das codornas japonesas de 24 a 32 semanas de idade, submetidas à alimentação com diferentes concentrações de energia metabolizável, encontra-se na Tabela 3.

A máxima resposta para IEM (71 kcal/ave/dia) foi obtida para o nível de 3.171 kcal/kg e este resultado representa uma diferença de 31% em relação a menor resposta observada (49 kcal/ave/dia) com dieta contendo 2.118 kcal/kg de EMAn. O consumo máximo de ração (23 g/ave/dia) foi obtido para os níveis de 2.118 a 2.908 kcal/kg, diminuindo nos níveis subsequentes 3.171 e 3.435 kcal/kg. O menor valor para consumo de ração (20 g/ave/dia) foi observado para o maior nível energético da dieta (3.435 kcal/kg), indicando que as aves submetidas a altos níveis de energia, apresentam redução no consumo.

A maior média de peso corporal (168 g) foi obtida para o tratamento com maior concentração de energia na dieta, esse resultado representa aumento de 9% em relação a menor resposta, obtida com o nível de 2.381 kcal/kg. O ΔP foi negativo para todos os tratamentos, por outro lado à medida em que, a quantidade de energia ingerida aumentou houve menor perda de peso corporal.

O peso médio dos ovos obtido foi de 11g e a variação entre as diferentes concentrações de energia não influenciou estatisticamente, indicando que apesar da

redução na CR o peso dos ovos não foi alterado. A resposta para produção de ovos foi significativa ($P < 0,001$). A máxima produção de ovos (92%) foi obtida para o nível de 3.171 kcal/kg, com diferença de 74% em relação a menor resposta obtida com a menor concentração energética (2.118 kcal/kg).

Em relação à massa de ovos, a máxima produção (10 g/ave/dia) foi observada nos níveis com maiores concentrações de EMAn (2.908 a 3.435 kcal/kg) e a menor resposta foi de 2 g/ave/dia para o nível de 2.118 kcal/kg. Este resultado representa 20% da máxima resposta obtida para os níveis estudados.

Tabela 3. Resposta a diferentes concentrações de energia metabolizável corrigida para nitrogênio (kcal/kg), ingestão de energia metabolizável (IEM, kcal/ave/dia), consumo de ração (CR, g/ave/dia), peso corporal (P, g/ave), variação do peso corporal (ΔP , g/ave/dia), produção de ovos (PR, %), peso do ovo (PO, g), massa de ovo (MO, g/ave/dia) e conversão alimentar (CA, g/g) de codornas japonesas.

EMAn	IEM	CR	P	ΔP	PR	PO	MO	CA
kcal/kg	kcal/ave/dia	g/ave/dia	g/ave	g/ave/dia	%	g	g/ave/dia	g/g
2118	48,7±0,8	23,0±0,4	156,0±7,7	-0,6±0,2	24,4±12,6	10,3±0,7	2,5±1,1	11,3±5,1
2381	55,7±0,7	23,4±0,3	154,1±6,3	-0,4±0,1	50,2±6,2	10,7±0,5	5,4±0,7	4,4±0,6
2557	59,8±0,7	23,4±0,3	155,9±5,4	-0,3±0,1	74,8±11,3	10,6±0,8	7,9±1,1	3,0±0,4
2776	64,7±1,4	23,3±0,4	156,5±3,7	-0,2±0,1	85,4±5,6	10,5±0,7	9,0±0,8	2,6±0,3
2908	67,4±1,9	23,2±0,5	163,2±7,0	-0,2±0,1	91,3±7,6	11,0±0,5	10,0±0,9	2,3±0,2
3171	70,9±3,7	22,3±1,2	164,6±6,4	-0,1±0,1	92,0±4,7	11,0±0,6	10,1±0,9	2,2±0,1
3435	69,9±4,2	20,3±1,2	168,4±9,7	-0,1±0,1	87,4±9,3	11,3±0,2	9,9±1,1	2,1±0,2
Média ± Erro	62,4±1,8	22,7±0,2	159,8±2,1	-0,3±0,04	72,2±2,6	10,8±0,2	7,8±0,3	4,0±0,3
P-valor*								
ANOVA	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	NS	< 0,0001	< 0,0001

*Significativo a 99% de confiança, pelo teste F ($P < 0,0001$). NS – Não significativo.

Os resultados de composição corporal das aves encontram-se na Tabela 4. Observa-se que a máxima resposta de EB e EE no corpo, ocorreu em aves submetidas a dieta de maior concentração de EMAn. Para EB, a maior resposta foi de 2.482 kcal/kg, com diferença de 826 kcal/kg do menor valor observado (1.656 kcal/kg). O nível mais alto de energia na dieta proporcionou maior resposta para EE (14,4%), este resultado representa aumento de 60% em relação as aves alimentadas com a dieta de menor concentração de EMAn.

Os teores de MM e água do corpo de codornas japonesas diminuíram conforme o aumento da concentração de EMAn. A maior concentração de MM (5%) foi observada para o nível de energia mais baixo e a menor concentração foi obtida para os tratamentos com maiores EMAn (2.908 a 3.435). A concentração média de água foi de 65%, a máxima resposta foi verificada para o nível de 2.557 kcal/kg e a menor resposta foi observada para o nível de maior concentração energética.

Tabela 4. Composição corporal em proteína bruta (PB, %), matéria mineral (MM, %), energia bruta (EB, kcal/kg), água (%), extrato etéreo (EE, %) de codornas japonesas em função das diferentes concentrações de energia metabolizável na dieta, corrigida para o balanço de nitrogênio (kcal/kg).

EMAn Kcal/kg	PB %	MM %	EB kcal/kg	Água %	EE %
AR*	23,1±1,7	4,0±0,6	2.210±206	62,5±4,4	10,4±3,1
2118	21,2±0,7	5,2±0,6	1.656±108	67,9±1,6	5,8±1,1
2381	21,9±1,8	4,4±0,6	1.777±239	67,6±2,8	6,1±1,2
2557	21,5±1,1	4,1±0,5	1.756±160	68,1±1,9	6,3±1,2
2776	22,7±1,1	4,2±1,0	2.118±183	63,2±2,9	9,9±2,0
2908	21,8±1,5	3,8±0,5	2.253±162	63,0±1,6	11,4±0,6
3171	21,0±1,7	3,8±0,3	2.451±261	61,4±2,3	13,9±1,0
3435	20,9±1,0	3,8±0,4	2.482±194	61,0±2,2	14,4±1,7
Média ± Erro	21,6±0,4	4,2±0,2	2.070±59	64,6±0,7	9,7±0,4
P-value** ANOVA	NS	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001

AR – Ave referência, **Significativo a 99% de confiança pelo teste F (P<0,01). NS – Não significativo.

A quantidade de energia ingerida, retida no corpo, retida no ovo, reedita total e a produção de calor por unidade de peso metabólico ($\text{kg}^{0,67}$), encontra-se na Tabela 5. As variáveis analisadas IEM, ERc, ERo, ER e PC, apresentaram aumento da

resposta à medida que a concentração de energia na dieta aumentou. A ingestão média de energia metabolizável foi de 213,20 kcal/kg^{0,67}/dia.

A retenção média de energia no corpo foi de -0,11 kcal/kg^{0,67}/dia. Para os níveis de menor concentração de energia da dieta, a retenção de energia no corpo foi negativa, ou seja, houve mobilização de energia no corpo. A partir do quarto nível de EMAn na dieta, os valores de ERc foram positivos, indicando um aumento de energia retida no corpo. A máxima retenção de energia no corpo foi obtida para o maior nível de concentração de energia na dieta (3.435 kcal/kg) e a maior perda de energia foi observada para o menor nível de energia (2.118 kcal/kg).

A retenção média de energia no ovo foi de 38 kcal/kg^{0,67}/dia, a energia retida total foi de 38 kcal/kg^{0,67}/dia e a produção de calor foi de 176 kcal/kg^{0,67}/dia. As máximas respostas para estas variáveis foram observadas para o nível de 3.171 kcal/kg, onde, 47,9 kcal/kg^{0,67}/dia representa um montante de 75% da retenção mínima de energia no ovo, 52,3 kcal/kg^{0,67}/dia corresponde a 88% da menor resposta para retenção total e 184,0 kcal/kg^{0,67}/dia equivale a 12% do menor valor para produção de calor, obtidas com o tratamento de menor concentração energética (2.118 kcal/kg).

Tabela 5. Energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio (EMAn, kcal/kg), ingestão de energia metabolizável (IEM, kcal/kg^{0,67}/dia), retenção de energia no corpo (ERc, kcal/kg^{0,67}/dia), no ovo (ERo, kcal/kg^{0,67}/dia), energia retida total (ER, kcal/kg^{0,67}/dia) e produção de calor (PC, kcal/kg^{0,67}/dia) de codornas japonesas.

EMAn	IEM	ERc	ERo	ER	PC
kcal/kg	kcal/kg ^{0,67} /dia				
2118	168,1±4,1	-5,7±1,4	12,0±5,4	6,2±4,8	161,9±5,6
2381	195,5±5,6	-3,6±2,9	26,7±3,8	23,1±3,8	172,4±5,1
2557	208,9±7,3	-3,6±1,8	39,0±6,0	35,4±6,6	173,5±5,7
2776	225,0±6,9	0,1±1,1	44,3±4,9	44,3±5,3	180,7±7,0
2908	226,3±6,4	2,3±1,9	47,9±5,0	50,2±3,6	176,1±4,7
3171	236,3±12,2	4,4±2,7	47,9±3,6	52,3±4,5	184,0±12,3
3435	232,3±16,6	5,4±2,1	46,5±5,5	51,8±5,9	180,5±15,2
Média ±					
Erro	213,2±2,7	-0,1±0,6	37,7±1,5	37,6±1,6	175,6±2,5
P-valor*	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
ANOVA					

*Significativo a 99% de confiança, pelo teste F (P<0,0001)

4.1 Estimativa da eficiência de utilização e exigência de energia para manutenção

O ajuste da relação entre ER ($\text{kcal/kg}^{0,67}/\text{dia}$) e IEM ($\text{kcal/kg}^{0,67}/\text{dia}$) para codornas japonesa de 24 a 32 semanas de idade, resultou na seguinte equação: $ER = -101,38 \pm (6,88) + 0,65 \pm (0,03) \times IEM$, $R^2 = 0,87$, com erro aproximado de $6,28 \text{ kcal/kg}^{0,67}/\text{dia}$.

A EMm foi estimada em $155,60 \text{ kcal/kg}^{0,67}/\text{dia}$, igualando $ER = 0$, conforme: $0 = -101,38 + 0,65 \times IEM$, $IEM = -(-101,38/0,65)$. A eficiência de utilização total (k) foi estimada em $0,65$.

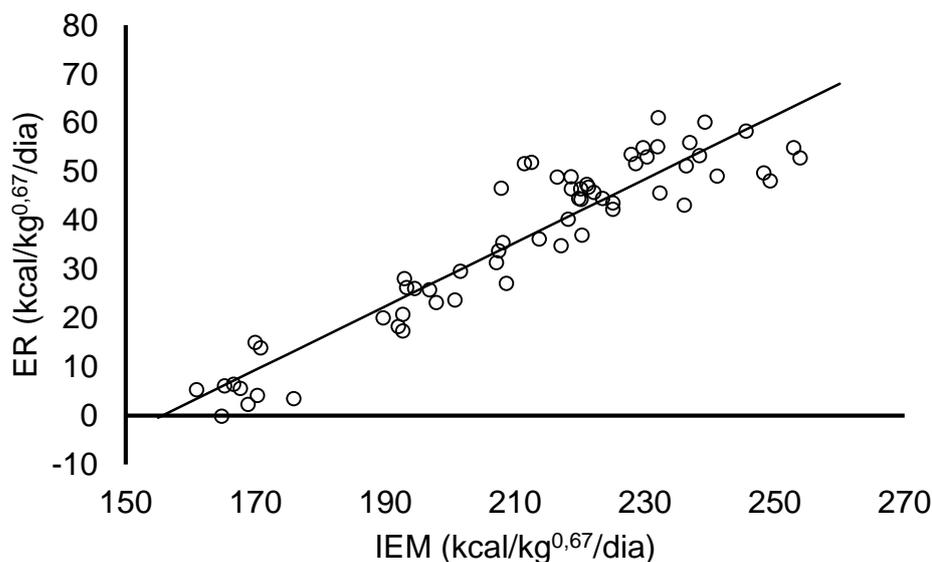


Figura 1. Energia retida (ER, $\text{kcal/kg}^{0,67}/\text{dia}$) em função da ingestão de energia metabolizável (IEM, $\text{kcal/kg}^{0,67}/\text{dia}$) de codornas japonesas entre 24 e 32 semanas de idade. $ER = -101,38 + 0,65 \times IEM$, $R^2 = 0,87$.

O ajuste da relação entre PC ($\text{kcal/kg}^{0,67}/\text{dia}$) e IEM ($\text{kcal/kg}^{0,67}/\text{dia}$), resultou no modelo $PC = 101,38 \pm (6,88) + 0,35 \pm (0,03) \times IEM$, $R^2 = 0,66$, com erro aproximado de $6,28 \text{ kcal/kg}^{0,67}/\text{dia}$. A ELM, foi estimada em $101,38 \text{ kcal/kg}^{0,67}/\text{dia}$.

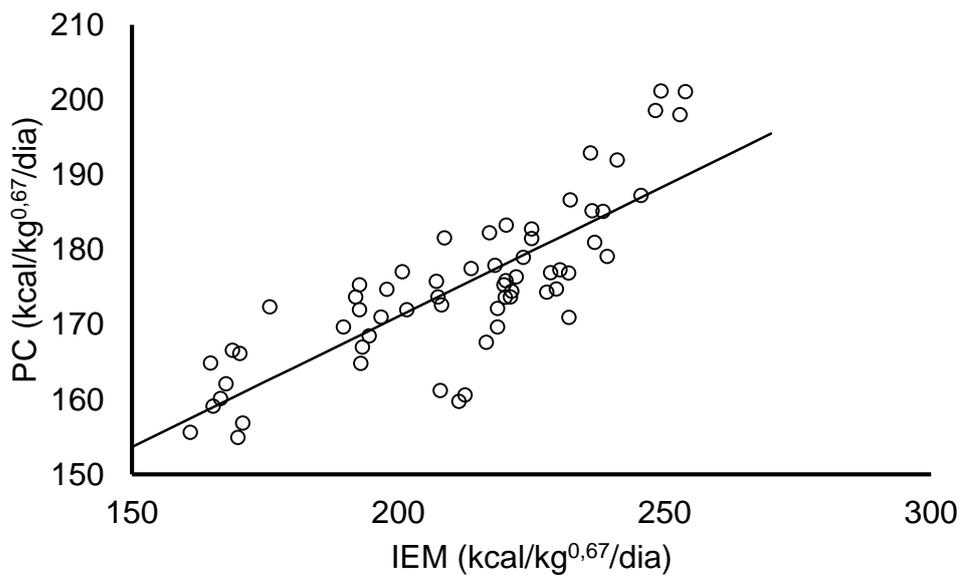


Figura 2. Produção de calor (PC, kcal/kg^{0,67}/dia) em função da ingestão de energia metabolizável (IEM, kcal/kg^{0,67}/dia) de codornas japonesas de 24 a 32 semanas de idade. $PC = 101,38 + 0,35 \times IEM$, $R^2 = 0,66$.

4.2 Estimativa da exigência de energia para ganho de peso

Por meio do ajuste linear entre a ERc (kcal/ave) em função do P (g/ave), foi estimado a exigência de energia líquida para ganho de peso (ELg, kcal/ave/dia) conforme a equação: $ERc = -289,1 \pm (59,0) + 3,8 \pm (0,4) \times P$, $R^2 = 0,64$, com erro aproximado de 23,66 kcal/ave/dia.

A partir da relação entre os parâmetros ELg (3,8) e k (0,65) foi estimado a exigência de energia metabolizável para ganho de peso (EMg) em 5,89 kcal/g, como segue: $EMg = 3,8/0,65$.

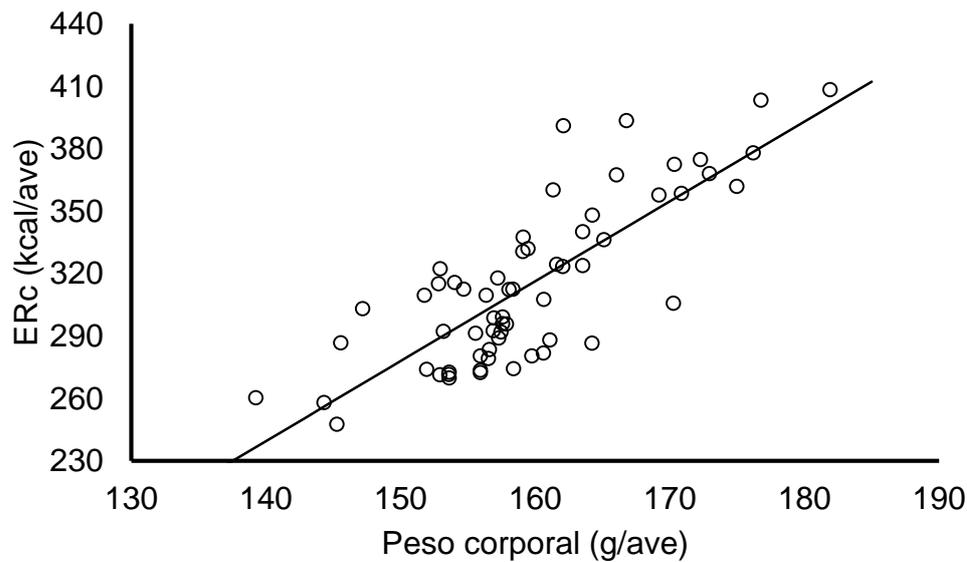


Figura 3. Energia retida no corpo (ERc, kcal/ave) em função do peso corporal (P, g/ave) de codornas japonesas de 24 a 32 semanas de idade. $ERc = -289,1 + 3,8 \times P$, $R^2 = 0,64$.

4.3 Estimativa da exigência de energia para produção de massa de ovo

A eficiência de utilização de energia para produção de ovo foi estimada a partir da relação entre a ERO (kcal/kg^{0,67}/dia) e IEMc (kcal/kg^{0,67}/dia), em que: $ERO = 11,14 \pm (1,54) + 0,52 \pm (0,03) \times IEMc$, $R^2 = 0,85$, com erro aproximado de 5,40 kcal/kg^{0,67}/dia.

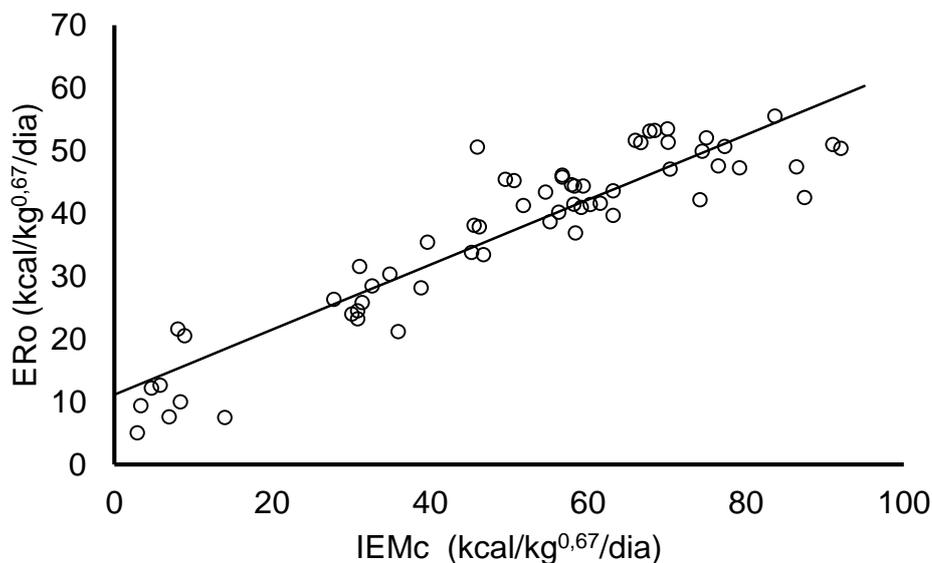


Figura 4. Energia retida na massa de ovo (ERO, kcal/kg^{0,67}/dia) em função da ingestão de energia metabolizável corrigida para manutenção (IEMc, kcal/kg^{0,67}/dia) de codornas japonesas de 24 a 32 semanas de idade. $ERO = 11,14 + 0,52 \times IEMc$, $R^2 = 0,85$.

A estimativa da exigência de energia metabolizável para massa de ovo (EMo, kcal/g) foi calculada conforme a equação: $EMo = 1,418/0,52$; $EMo = 2,74$ kcal/g de ovo.

4.4 Avaliação dos modelos

As equações de predição avaliadas para estimar as exigências de energia metabolizável para codornas japonesas no período de 24 a 32 semanas de idade, encontram-se na tabela 6.

Tabela 6. Variáveis de entrada (peso corporal, ganho de peso e massa de ovo) e coeficientes dos modelos de predição da ingestão de energia metabolizável para codornas japonesas na fase de produção de ovos

Modelos avaliados	Variáveis de entrada		
	P (kcal/P ^{0,67})	GP kcal/g	MO kcal/g
Modelo 1	155,60 ¹	5,89 ²	2,74 ³
Modelo 2	135,12	5,25	3,10
Modelo 3	172,54	9,91	1,85
Modelo 4	145,36	5,57	2,92

¹Exigência de energia metabolizável para manutenção do peso corporal (P, kcal/P^{0,67})

²Exigência de energia metabolizável para ganho de peso (GP, kcal/g)

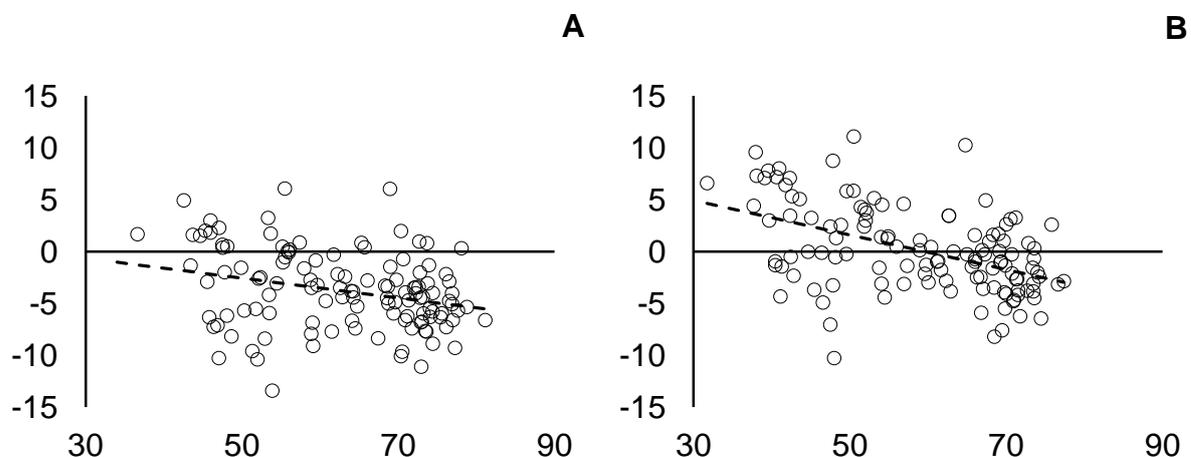
³Exigência de energia metabolizável para produção de massa de ovo (MO, kcal/g).

Modelo 1: proposto na presente pesquisa

Modelo 2: proposto por Castiblanco (2017)

Modelo 3: Obtido a partir de regressão linear múltipla sem intercepto

Modelo 4: Obtido a partir da média dos coeficientes do modelo 1 e 2.



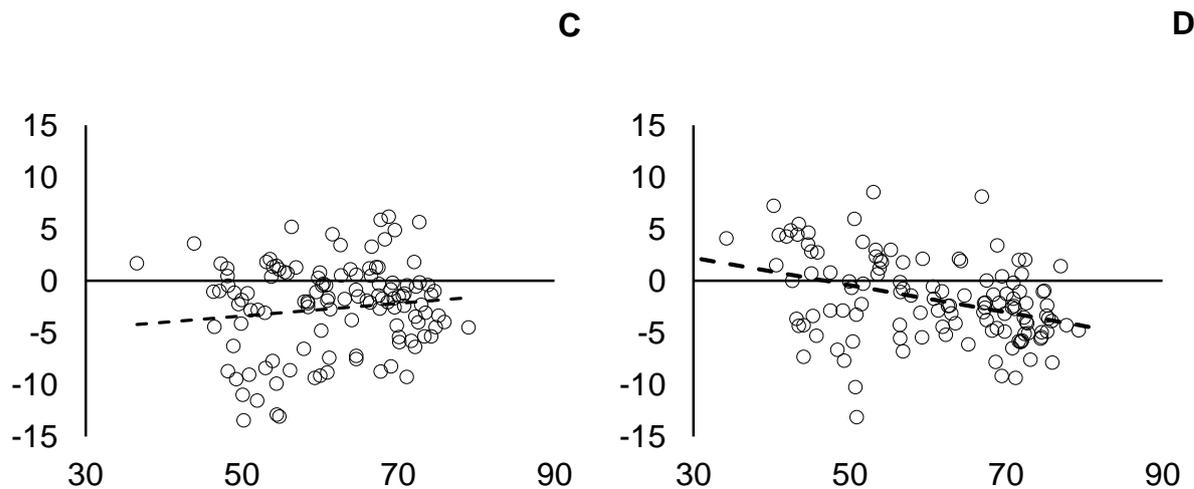


Figura 5. Avaliação do erro de predição da ingestão de energia metabolizável para codornas japonesas de 24 a 32 semanas de idade, em que o eixo Y representa o erro (observado-predito) e o eixo X, o valor predito para os modelos 1 (A), 2 (B), 3(C) e 4 (D).

Modelo 1: parametrizado na presente pesquisa:

$ei = 2,215^{NS} \pm (2,010) - 0,096^{NS} \pm (0,032) \times (IEMi - 62,787)$, $R^2 = 0,07$; com erro aproximado de 3,79. Para este modelo, a variável b_0 não diferiu de zero, indicando que as diferenças escalares do modelo não são significativas. O viés de predição (b_1) não foi significativo e o valor obtido para R^2 foi de 0,93 (1- 0,07), representando 93% de precisão do modelo.

Modelo 2: proposto por Castiblanco (2017):

$ei = 9,898^* \pm (1,680) - 0,166^* \pm (0,028) \times (IEMi - 58,884)$, $R^2 = 0,23$; com erro aproximado de 3,66. Para este modelo, o erro escalar (b_0) diferiu de zero, indicando que as diferenças escalares do modelo são significativas. O viés de predição (b_1) foi significativo e o valor obtido foi de 0,77 (1-0,23), que representa 77% de precisão do modelo.

Modelo 3: regressão linear múltipla sem intercepto:

O modelo obtido a partir da (RLM) sem intercepto foi $IEM = (172,54 \pm (5,56) \times P^{0,67}) + (9,91 \pm (2,09) \times GP) + (1,85 \pm (0,15) \times MO)$, $R^2 = 0,998$.

Para este modelo $ei = -6,430^{NS} \pm (2,943) + 0,061^{NS} \pm (0,047) \times (IEMi - 61,682)$, $R^2 = 0,014$; com erro aproximado de 4,65, a variável b_0 não diferiu de zero, indicando que as diferenças escalares do modelo não são significativas. Para b_1 o valor obtido

foi de 0,99 (1-0,014), que representa 99% de precisão do modelo, com diferença não significativa.

Modelo 4: Modelo estimado a partir da combinação dos coeficientes proposto por esta pesquisa e por Castiblanco (2017).

$ei = 6,155^{NS} \pm (1,830) - 0,131^* \pm (0,029) \times (IEMi - 60,836)$, $R^2 = 0,14$; com erro aproximado de 3,71. Para este modelo, a variável b_0 não diferiu de zero, indicando que as diferenças escalares do modelo não são significativas. A variável b_1 foi significativa e o valor obtido foi de 0,86 (1-0,14), que representa 86% de precisão do modelo.

5. DISCUSSÃO

Nesse estudo avaliou-se a partição da energia dietética para codornas japonesas na fase de postura, a partir de um ensaio dose-resposta, utilizando a técnica da diluição para elaborar os tratamentos com o objetivo de modificar a retenção de energia pelas aves. Com base nos resultados obtidos, foi possível estimar os parâmetros necessários para avaliar a utilização de energia de codornas japonesas para manutenção, ganho de peso e massa de ovo.

Os níveis de EMAn avaliados nesse trabalho, foram obtidos a partir da diluição qualitativa da energia dietética, a fim de modificar a retenção de energia da ave, entretanto, grande parte dos trabalhos realizados para avaliar a exigência de energia metabolizável para aves, utilizaram a técnica da restrição quantitativa da dieta (RABELLO et al., 2004; SAKOMURA et al., 2005a; JORDÃO FILHO et al., 2011; ZANCANELA et al., 2015). Assim, visou-se com esta técnica limitar a ingestão da energia de uma forma menos invasiva que o tradicional método de alimentação controlada.

Castiblanco (2017) desenvolveu o primeiro estudo utilizando a técnica da diluição para codornas, no qual apresentou respostas de desempenho significativas entre os níveis estudados. As respostas obtidas referem-se à alteração na concentração de energia da dieta, e não a restrição de outros nutrientes importantes para o desempenho das aves, como por exemplo a proteína. Entretanto, no estudo citado não foi alcançado o potencial genético de produção e massa de ovo das aves.

Enquanto no presente estudo, foram obtidos valores entre 85 a 92% de produção, o que se aproxima da resposta esperada de 95% de produção e 11g de massa de ovo em condições ideais. É provável que as condições experimentais, a manipulação intensa das aves e, conseqüentemente, o estresse provocado durante o processo experimental sejam limitantes para que essas aves alcançassem o potencial produtivo.

As aves podem regular o consumo de alimento para atender à exigência do nutriente mais limitante (Emmans, 1994), o que poderia causar um confundimento na resposta aos tratamentos ofertados, já que as aves dos tratamentos deficientes poderiam aumentar o consumo de ração para evitar a deficiência de energia. Devido a isso, o consumo de ração foi fixado em 24 g/ave/dia, contrapondo o procedimento experimental dos demais estudos dose-resposta (BELO et al. 2000; PINTO et al. 2002; FREITAS et al. 2005; LOPES et al. 2006; BARRETO et al. 2007; MOURA et al. 2008; CAVALCANTE et al. 2010; HURTADO-NERY et al. 2014; OMIDIWURA et al. 2016; CASTIBLANCO, 2017).

O consumo médio de ração foi 23 g/ave/dia, demonstrando que a quantidade fixada de ração foi o suficiente para que as aves expressassem o máximo potencial genético. Para a conversão alimentar por massa de ovo, os resultados indicaram uma melhor resposta à medida que a concentração de EMAn aumentou, pois, o consumo de ração reduziu significativamente em função da concentração de EMAn. Resultados semelhantes foram observados por Pinto et al. (2002) e Freitas et al. (2005), de modo que o menor consumo foi obtido para as aves que consumiram ração com maior teor energético.

As menores ingestões de energia metabolizável, refletiram em menores valores de produção de ovos, massa de ovo e ganho de peso, certamente porque a quantidade ingerida não foi suficiente para atender as exigências de produção. Logo, os resultados apresentados demonstram a importância de conhecer os requerimentos nutricionais de energia para que as aves alcancem o máximo potencial produtivo.

Conforme observado a composição química do corpo vazio, para o teor de proteína bruta na carcaça, não variou. A concentração de MM e água no corpo das codornas, diminuiu com o aumento da concentração de EMAn, por outro lado, a quantidade de EB e EE apresentou um aumento linear.

O aumento da quantidade de energia retida no corpo das aves para os níveis mais elevados de EMAn resultou em maiores concentrações de EB e EE. Por outro lado, a retenção de energia foi negativa para os níveis de EMAn mais baixo. Essa resposta pode ser atribuída à mobilização das reservas corporais para atender as exigências de manutenção e de uma produção mínima de ovos, conforme observado por Jordão Filho et al. (2011).

A partir da IEM, ER_c, ER_o, ER e PC (Tabela 5), foram propostas equações de regressão para estimar a exigência de energia metabolizável para manutenção, ganho de peso e produção de massa de ovo. A exigência de energia metabolizável para manutenção, considerando a unidade de peso metabólico foi de 155,60 kcal/kg^{0,67} (Figura 1). Este valor é superior ao encontrado por Jordão Filho et al. (2011), de 92,34 kcal/kg^{0,75}/dia e por Castiblanco (2017), de 135,12 kcal/kg^{0,67}/dia.

Para anular as diferenças existentes entre esses resultados com diferentes potências (2/3 e 3/4) que explicam a taxa metabólica de codornas adultas, os coeficientes foram padronizados para uma mesma base (2/3). Com base no estudo de Jordão Filho et al. (2011), a ingestão de energia metabolizável para manutenção foi estimada em 26 kcal/ave/dia. No presente estudo, esse valor foi de 49 kcal/ave/dia, representando em quase o dobro do que foi estimado por Jordão Filho et al. (2011). A relação entre a ingestão de 26 kcal/ave/dia e o peso metabólico na potência 2/3, equivale a 82,02 kcal/kg^{0,67}/dia, resultando em uma diferença de 47% a menos do valor encontrado na presente pesquisa.

Por outro lado, o resultado assemelha-se ao estimado por Castiblanco (2017), em que a IEM de manutenção foi calculada em 43 kcal/ave/dia, apresentando uma diferença de apenas 12%, quando comparado ao valor obtido nessa pesquisa. O coeficiente de manutenção de 155,60 kcal/kg^{0,67}/dia também se assemelha ao valor encontrado por Zancanela et al. (2015) para codornas de corte (157 kcal/kg^{0,75}), ao corrigir para mesma potência (2/3), resulta-se em 136,87 kcal/kg^{0,67}/dia.

As diferenças entre os coeficientes de manutenção também podem estar associadas às condições de temperatura e umidade do ambiente em que o experimento foi realizado, uma vez que Jordão Filho et al. (2011) e Castiblanco (2017), realizaram os estudos em ambiente controlado, diferentemente desse estudo que foi desenvolvido em condições de campo. Na literatura vários estudos foram encontrados

sobre os efeitos da temperatura nas exigências de energia metabolizável para aves em manutenção (RABELLO et al, 2001; RABELLO et al., 2004; SAKOMURA et al., 2005^a; NEME et al., 2005; JORDÃO FILHO et al., 2011), o que confirma que o ambiente pode afetar significativamente a exigência de energia para manutenção das aves.

Com base nos resultados observados, a exigência de energia para manutenção estimada no presente estudo (155,60 kcal/kg^{0,67}), eventualmente pode ter sido influenciado pelas altas temperaturas registradas (32°C). De modo que, Rabello et al. (2004), ao realizarem trabalho com matrizes pesadas, observaram que aves criadas em ambiente com temperatura superior a 27°C, tendem a aumentar a exigência de manutenção em virtude da necessidade energética para manter os mecanismos de termorregulação. No entanto, outros fatores influenciam a EMm, tais como, atividades físicas, escore de empenamento e genética (LUITING, 1990; SAKOMURA et al., 2014).

Para estimar a ELM, as variáveis IEM e PC, foram submetidas a uma análise de regressão linear, porém, os demais trabalhos encontrados na literatura estimam a ELM por meio da função exponencial (RABELLO et al., 2006; JORDÃO FILHO et al., 2011; SAKOMURA; ROSTAGNO, 2016). O resultado da exigência de ELM encontrados nessa pesquisa, corroboram com o valor estimado por Castiblanco (2017), a qual verificou que o melhor modelo para estudar a produção de calor foi a função linear.

A exigência de energia para ganho de peso foi calculada de duas formas: pela regressão linear simples, relacionando a exigência de energia líquida com a eficiência de utilização de energia; e pela regressão linear múltipla (Modelo 3); ambos resultados foram significativos. No entanto, o valor estimado pela regressão linear simples apresentou maior coerência no que se refere as interpretações fisiológicas, ao observar respostas em diferentes estudos com aves. Além disso, para obter maior acurácia do valor estimado para ganho, a pesagem das aves foi realizada corrigindo o valor observado para o peso do ovo, já que o experimento foi realizado com aves individualizadas. Acredita-se que o peso corporal das aves pode ser influenciado pela presença ou ausência do ovo no trato reprodutivo.

Apesar da similaridade entre exigência de EMg obtido nessa pesquisa com os resultados descritos por Jordão Filho et al. (2011) e Castiblanco (2017), existe uma diferença considerável entre os valores obtidos para eficiência de utilização de energia, sendo 0,39, 0,51 e 0,65, respectivamente, para Jordão Filho et al. (2011), Castiblanco (2017) e o observado na presente pesquisa. Essa diferença pode estar relacionada a idade das aves em estudo. Assim como descrito por Silva et al. (2004), que relatam que a eficiência de retenção da energia no corpo aumenta com a idade das aves. Todavia, os resultados de eficiência influenciam a estimativa da EMg, uma vez que, estão relacionados com a exigência de energia líquida para ganho (3,8 kcal/g) que foram similares entre as pesquisas (2,14 kcal/g – JORDÃO FILHO et al., 2011; 2,68 kcal/g – CASTIBLANCO, 2017).

A exigência de energia metabolizável para massa de ovo foi obtida com base na concentração de energia do ovo (1,418 kcal/kg), dividido pela eficiência de utilização para produção de ovos (0,52). O valor de energia contida nos ovos aproxima-se do valor observado por Sakomura et al. (2005a), para poedeiras (1,49 kcal/kg) e por Jordão Filho et al. (2011) para codornas japonesas (1,55 kcal/kg). Além disso, a eficiência de utilização foi 2% e 29% superior ao que foi encontrado por Jordão Filho et al. (2011) e Castiblanco (2017). No entanto, foi inferior ao estimado para matrizes pesadas (RABELLO, 2001) e poedeiras (SAKOMURA et al., 2005a).

A exigência de EMo foi calculado em 2,74 kcal por grama de massa de ovo, sendo inferior aos valores estimados nas pesquisas de Jordão Filho et al. (2011) (4,19 kcal/g) e Castiblanco (2017) (3,10 kcal/g). Entretanto, esse resultado foi superior ao coeficiente de 2,4 kcal/kg de ovo estimado para matrizes pesadas e poedeiras (RABELLO, 2001; SAKOMURA et al., 2005a).

A partir dos parâmetros encontrados para EMm, EMg e EMo foi parametrizado um modelo para estimar a IEM para codornas na fase de produção. Por meio da avaliação do modelo gerado, foi possível observar que os erros não se correlacionaram com a predição, sob as hipóteses de intercepto $b_0 = 0$ e inclinação $b_1 = 1$, sendo $b_1 = 1 - R^2$. Este resultado indica que os parâmetros ajustados são capazes de prever o conjunto de dados analisados.

Ao comparar os coeficientes que representam a partição da energia ingerida por codornas japonesas para manutenção e produção de ovos obtidas nessa pesquisa

com os valores estimados por Castiblanco (2017), alguns questionamentos foram gerados a respeito das interpretações fisiológicas na utilização da energia ingerida, uma que vez que os modelos diferiram na proporção da energia utilizada para produção de ovos.

Desse modo, os modelos foram avaliados mediante a análise dos erros, permitindo a seguinte interpretação: e_i = diferença escalar (b_0) + viés de predição (b_1) + precisão ($1 - R^2$). Para o modelo 1, a composição do erro foi a seguinte: 3,79 kcal/ave/dia = 58% + 3% + 93%. Para o modelo 2 foi: 3,66 kcal/ave/dia = 270% + 5% + 77%. Para o modelo 3 foi: 4,65 kcal/ave/dia = 138% + 1% + 99% e para o modelo 4 foi: 3,71 kcal/ave/dia = 166% + 4% + 86%.

A partir das diferenças observadas entre o erro escalar e precisão entre eles, é possível sugerir que os modelos 1 e 3 representam melhor a partição da ingestão da energia metabolizável. No entanto, o modelo obtido a partir da regressão linear simples para estimar cada parâmetro (manutenção, ganho e produção), apresenta resultados mais coerentes quando comparado a outros modelos parametrizados para codornas de postura, poedeiras e matrizes, no que se refere as interpretações fisiológicas da utilização da energia ingerida.

6. REFERÊNCIA

ALBINO, L.F.T.; BARRETO, S.L.T. **Criação de codornas para produção de ovos e carne**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2003. p.289.

ALBINO, L.F.T.; FIALHO, F.B.; BELLAVAR, C.; HARA, C.; PAIVA, G.J. Estimativas das exigências de energia e proteína para frangas de postura em recria. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, p.1625-1629, 1994.

AOAC. Official Methods of Analysis. 18th edn. **Association of Official Analytical Chemists**; Arlington, VA, USA: 2005.

BARRETO, S.L.T.; QUIRINO, B.J.S.; BRITO, C.O.; UMIGI, R.T.; ARAUJO, M.S.; COIMBARA, J.S.R.; ROJAS, E.E.G.; FREITAS, J.F.; REIS, R.S. Níveis de energia metabolizável para codornas japonesas na fase inicial de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.79-85, 2007.

BELO, M.T.S.; COTTA, J.T.B.; OLIVEIRA, A.I.G. Níveis de energia metabolizável em rações de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) na fase inicial de postura. **Ciência e Agrotecnologia**, v.24, p.782-793, 2000.

BERTECHINI, A.G. **Nutrição de monogástricos**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2006, p. 91.

BLACK, J.L. The testing and evaluation of models. In: MOUGHAN, P.J. et al. **Modelling the growth in the pigs**. Netherlands: EEAAP: Wageningen, 1995. p. 23-31.

BRASIL, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em: jan. de 2018.

CALVALCANTE, L.E.; COSTA, F.G.P.; LIMA, R.C.; DANTAS, L.S.; LOBATO, G.B.V.; RODRIGUES, V.P.; SANTOS, C.S.; JÚNIOR, J.G.V. Determinação da relação energia metabolizável e proteína bruta sobre o desempenho de codornas japonesas na fase de produção. **Revista Científica de Produção Animal**, v.12, n.2, p.166-168, 2010.

CASTIBLANCO, D.M.C. **Respostas de codornas em produção a diferentes níveis de energia na meta**. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 2017. 86p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, 2017.

DODDS, P.S.; ROTHMAN, D.H.; WEITZ, J.S. Re-examination of the “3/4-law”: of Metabolism. **Journal of Theoretical Biology**; v.209, p.9-27, 2001.

EMMANS, G.C. Effective energy: a concept of energy utilization applied across species. **British Journal of Nutrition**, v.71, p.801-821, 1994.

EMMANS, G.C.; FISHER, C. Problems in nutritional theory. In: **Nutrient Requirements of Poultry and Nutritional Research**. (Eds Fisher, C.; Boorman, K.N.), p. 9-39. (Oxford, Butterworths). 1986.

FARREL, D.J. General principles and assumptions of calorimetry. In: MORRIS, T.R.; FREEMAN, B.M. (Eds.). **Energy requirements of poultry**. Edinburgh: British Poultry Science, 1974. p.1-23.

FERNANDES, M.H.M.R.; TORO-VELASQUEZ, P.A. Metabolismo Energético. In SAKOMURA, N.K.; SILVA, J.H.V.; COSTA F.P.G.; FERNANDES, J.B.K., HAUSCHILD L. (Ed.). **Nutrição de não-ruminantes**. 1 ed. Jaboticabal: Funep, 2014. cap. 1, p 79-94.

FISHER, C.; MORRIS, T.R. The determination of the methionine requirement of laying pullets by a diet dilution technique. **British Poultry Science**, v.11, p.67-82, 1970.

FREITAS, A.C.; FUENTES, M.F.F.; FREITAS, E.R.; SUCUPIRA, F.S.; OLIVEIRA, B.C.M. Efeito de níveis de proteína bruta e de energia metabolizável sobre o desempenho de codornas de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.838-846, 2005.

GOUS, R.M., GRIESSEL, M.; MORRIS, T.R. Effect of dietary energy concentration on the response of laying hens to amino acids, **British Poultry Science**, v. 28, p. 427-436, 1987.

HAUSCHILD, L.; POMAR, C.; LOVATTO, P.A. Systematic comparison of the empirical and factorial methods used to estimate the nutrient requirements of growing pigs. **Animal**, v.4, n.5, p.714 - 723, 2010.

HURTADO, N.V.L.; TORRES, N.D.M., CASTRO, R.A.S. Efecto de los niveles de energía metabolizable y proteína sobre el desempeño zootécnico de codornices em postura. **Ciencia y Agricultura**, v.11, p.9-16, 2014.

HURTADO, N.V.L.; TORRES, N.D.M.; DAZA, G.M.F. Efectos de la proteína bruta y energía metabolizable sobre la calidad del huevo de codorniz. **Orinoquia**; v.19, p.195-202, 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE LA RECHERCHÉ AGRONOMIQUE – INRA, **Alimentação dos animais monogástricos**: suínos, coelhos e aves. 2 ed. São Paulo: Roca, 1999. 245p.

JORDÃO, F.J.; SILVA, J.H.V.; COSTA, F.G.P.; KAZUE, S.N.; SILVA, C.T., CHAGAS, N.A. Prediction equations to estimate the demand of energy and crude protein for maintenance, gain and egg production for laying Japanese quails. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.11, p. 2423-2430, 2011.

LOPES, I.R.V.; FUENTES, M.F.F.; FREITAS, E.R. Efeito da densidade de alojamento e do nível de energia metabolizável da ração sobre o desempenho zootécnico e características dos ovos de codornas japonesas, **Revista Ciência Agronômica**, v.37, p. 369-375, 2006.

LUITING, P. Genetic variation of energy partitioning in laying hens: causes of variation in residual feed consumption. **World's Poultry Science Journal**, v.46, n.2, p.133-152, 1990.

MORRIS, T.R. Nutrition of chicks and layers. **World's Poultry Science Association**, v. 60, p. 5-12, 2004.

MOURA, G.S.; BARRETO, S.L.T.; DONZELE, J.L.; HOSODA, L.R.; PENA, G.M.; ANGELINI, M.S. Dietas de diferentes densidades energéticas mantendo constante a relação energia metabolizável: nutrientes para codornas japonesas em postura, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.1628-1633, 2008.

MOURA, G.S.; BARRETO, S.L.T.; LANNA, E.A.T. Efeito da redução da densidade energética de dietas sobre as características do ovo de codorna japonesa, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.6, p.1266-1271, 2010.

NASCIMENTO, A.H.; SILVA, J.H.V.; ALBINO, L.F.T.; RUNHO, R.C.; POZZA, P.C. Energia Metabolizável e Relação Energia: Proteína Bruta nas Fases Pré-Inicial e Inicial de Frangos de Corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.4, p.911-918, 2004.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of poultry**. 9 ed. Washington, DC: National Academic Press .1994. 155p.

NEME, R.; SAKOMURA, N.K.; F.B.; FIALHO, F.B.; FREITAS, E.R.; FUKAYAMA, E.H. Modelling energy utilization for laying type pullets. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.7, n.1, p.39-46, 2005.

JORGE NETO, G. Aspectos nutricionais que afetam as características específicas do ovo de incubação. In: COFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1999, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2003. p.145-164.

OLIVEIRA, D.D.; BAIÃO, S.V.; CANÇADO, T.C.; FIGUEIREDO, L.J.C.; LARA, A.M.Q. Fontes de lipídios na dieta de poedeiras: desempenho produtivo e qualidade dos ovos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, n.3, p.718-724, 2010.

OLIVEIRA, N.T.E.; FONSECA, J.B.; SOARES, R.T.N.; LOMBARDI, C.T.; MERCADANTE, M.B. Determinação da energia metabolizável de diferentes alimentos testados em codornas japonesas fêmeas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, p.210-217, 2007.

OLIVEIRA, V.; WARPECHOWSKI, M. Avaliação de modelos para predição da energia metabolizável do milho para aves. **Ciências Rural**, v.39, p.1514-1520, 2009.

OMIDIWURA, B.R.O.; ODU, O.; AGBOOLA, A.F.; AKINBOLA, D.D.; IYAYI, E.A. Crude protein and energy requirements of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) during rearing period. **World Poultry Research**, v.6, p.131-138, 2016.

OVIEDO-RONDON, E.O.; MURAKAMI, A.E.; SAKAGUTI, E.S. Modelagem Computacional para Produção e Pesquisa em Avicultura. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.4, p.199-207, 2002.

OWENS, F.N.; PETTIGRPO, J.E. Subdividing amino acid requirements into portions for maintenance and growth. In: FRIEDMAN, M. **Absorption and utilization of amino acids**. Boca Raton: CRC Press, 1989. v.1, p.15-30.

PINTO, R.; FERREIRA, A.S.; ALBINO, L.F.T.; GOMES, P.C.; JÚNIOR, J.G.V. Níveis de proteína e energia para codornas japonesas em postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.1761-1770, 2002.

RABELLO, C.B.V.; SAKOMURA, N.K.; LONGO, F.A.; RESENDE, K.T. Efeito da temperatura ambiente e do sistema de criação sobre as exigências de energia metabolizável para manutenção de aves reprodutoras pesadas. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.33, p. 382–390, 2004.

RABELLO, C.B.V.; SAKOMURA, N.K.; LONGO, F.A.; COUTO, H.P.; PACHECO, C.R.; FERNANDES, J.B. Modelling energy utilisation in broiler breeder hens. **British Poultry Science**, v.47, p.622-631, 2006.

RABELLO, C.B.V.; SAKOMURA, N.K.; LONGO, F.A.; RESENDE, K.T.; COUTO, H.P. Equação de predição da exigência de proteína bruta para aves reprodutoras pesadas na fase de produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3, p.1204-1213. 2002.

RABELLO, C.B.V. **Equações de predição das exigências de energia e proteína para reprodutoras pesadas na fase de produção**. 2001. 121 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2001.

RESENDE, K.T.; TEIXEIRA, I.A.M.A; FERNANDES, M.H.M.R. Metabolismo de energia. In: BERCHIELLE, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.J. **Nutrição de Ruminantes**. 1 ed. São Paulo: ProlEditora, 2006, p. 311-332.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; HANNAS, M.I.; DONZELE, J.L.; SAKOMURA, N.K.; PERAZZO, F.G.; SARAIVA, A.; TEIXEIRA, M.V.; RODRIGUES, P.B.; OLIVEIRA, R.F.; BARRETO, S.L.T.; BRITO, C.O. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4a edição. Viçosa, MG: Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, 2017. p. 259-364.

SAKOMURA, N.K. Exigências nutricionais das aves utilizando o modelo fatorial. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS, Viçosa, MG. p.361-388. 1996, **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1996.

SAKOMURA, N.K.; BASAGLIA, R.; RESENDE, K.T. Modelo para determinar as exigências de proteína para poedeiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.6, p.2247-2254, 2002.

SAKOMURA, N.K.; BASAGLIA, R.; SÁ-FONTES, C.M.L.; CRISTINA, M.L.; FERNANDES, J.B.K. Modelo para estimar as exigências de energia metabolizável para poedeiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.2, p.575-583, 2005a.

SAKOMURA, N.K.; HAUSCHILD L.; BONATO, M.A. Modelagem da Utilização da Energia nas Aves. In SAKOMURA, N.K.; SILVA, J.H.V.; COSTA F.P.G.; FERNANDES, J.B.K., HAUSCHILD L. (Ed.). **Nutrição de não-ruminantes**. 1 ed. Jaboticabal: Funep, 2014. cap. 1, p 315-329.

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de Pesquisa em Nutrição de Monogástricos**. 2 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2016. p.163-190.

SAS Institute. 2010. SAS Proprietary Software Release 9.2. SAS Inst. Inc., Cary, NC.

SILVA, J.H.V.; JORDÃO FILHO, J.; COSTA, F.G.P.; LACERDA, P.B.; VARGAS, D.G.V.; LIMA, M.R. Exigências nutricionais de codornas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.13, n.3, p.775-790, 2012.

SILVA, J.H.V.; SILVA, M.B.; JORDÃO FILHO, J.; SILVA, L.; ANDRADE, I.S.; MELO, D.A.; RIBEIRO, M.L.G.; ROCHA, M.R.F.; COSTA, F.G.P.; DUTRA JÚNIOR, W.M. Exigências de manutenção e de ganho em proteína e energia em codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) na fase de 15 a 32 dias. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.5, p.1220-1230, 2004.

SILVA, J.H.V.; SILVA, M.B.; SILVA, E.L.; JORDÃO FILHO, J.; RIBEIRO, M.L.G.; COSTA, F.G.P.; DUTRA JÚNIOR, W.M. Energia metabolizável de ingredientes determinada com codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1912-1918, 2003.

SILVA, J.H.V.; COSTA, F.G.P. **Tabela para codornas japonesas e européias**. 2 ed. Jaboticabal, SP: FUNEP, 2009.

SIQUEIRA, J.C.; **Estimativas das exigências de lisina de frangos de corte pelos métodos dose resposta e fatorial**. 2009. 154 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2009.

ST-PIERRE, N.R. Reassessment of Biases in Predicted Nitrogen Flows to the Duodenum by NRC 2001. **Journal of Dairy Science**, v.86, n.1, p.344-50. 2003.

WOLYNETZ, M.S.; SIBBALD, I.R. Need for comparative slaughter experiments in poultry research. **Poultry Science**, v. 66, p.1961-1972, 1987.

ZANCANELA, V.; MARCATO, S.M.; FURLAN, A.C.; GRIESE, D.O.; TON, A.P.S.; BATISTA, E.; PERINE, T.P.; VESCO, A.P.; POZZA, P.C. Models for predicting energy requirements in meat quail, **Livestock Science**, v.171, p.12–19, 2015.