

Modelos para Estimar as Exigências de Energia Metabolizável para Poedeiras¹

Nilva Kazue Sakomura², Roberta Basaglia³, Cristina M. L. Sá-Fortes⁴, João Batista K. Fernandes⁵

RESUMO - Objetivou-se, com este trabalho, elaborar um modelo para estimar as exigências de energia metabolizável (EM) para poedeiras leves da linhagem Lohmann LSL, utilizando-se o método fatorial. Para determinar o efeito da temperatura sobre as exigências de EM para manutenção, foram conduzidos experimentos em câmaras climáticas com temperaturas constantes de 12, 22 e 31°C, utilizando a técnica do abate comparativo. A exigência de energia líquida para o ganho de peso foi determinada por meio da regressão do conteúdo de energia da carcaça em função do peso corporal, enquanto a exigência de EM para o ganho de peso foi estimada considerando-se a eficiência de utilização da energia da dieta. Com base no teor de energia nos ovos, determinou-se a exigência de energia para produção de ovos e a eficiência de deposição de energia no ovo. A partir dos valores das exigências para manutenção, para ganho e produção, foram elaborados modelos para prever as exigências diárias de EM (kcal/ave/dia): $EM_1 = P^{0,75}(165,74 - 2,37 \cdot T) + 6,68 \cdot G + 2,4 \cdot O$ e $EM_2 = P^{0,75}(163,67 - 2,09 \cdot T) + 6,68 \cdot G + 2,4 \cdot O$, em que P é o peso corporal (kg), T, a temperatura ambiente (°C), G, o ganho de peso (g/dia) e O, a massa de ovos (g/dia).

Palavras-chave: abate comparativo, exigências de energia, método fatorial, modelos

Model for Metabolizable Energy Requirements of Laying Hens

ABSTRACT - The objective of this work was to establish a model to estimate the metabolizable energy (ME) requirements for laying hens from Lohmann LSL line, by the factorial method. To determine the influence of ambient temperature on ME requirements for the maintenance, experiments were accomplished in environmental controlled rooms at constant temperatures of 12, 22 and 31 °C, by the comparative slaughtering technique. The net energy for weight gain was determined by regression of carcass energy content in function of body weight. While ME requirements for weight gain was determined considering the energy utilization efficiency the diet. The energy requirement for egg production was determined considering the energy content of eggs and efficiency of energy deposition in the egg. Considering the requirements for maintenance, weight gain and egg production, it was elaborated two models to predict the daily ME requirements (kcal/bird/day): $ME_1 = W^{.75}(165.74 - 2.37 \cdot T) + 6.68 \cdot G + 2.4 \cdot E$ and $ME_2 = W^{.75}(163.67 - 2.09 \cdot T) + 6.68 \cdot G + 2.4 \cdot E$, where W=body weight (kg), T=environment temperature(°C), G=daily weight gain (g/day) and E=egg mass (g/bird/day).

Key Words: comparative slaughter technique, energy requirement, factorial method, requirement model

Introdução

As exigências nutricionais normalmente são determinadas pelo método dose-resposta, avaliando-se o desempenho das aves a determinados níveis de ingestão de nutrientes. No entanto, estes resultados estão restritos às condições experimentais a que os animais foram submetidos. Outro método utilizado para determinação das exigências nutricionais é o fatorial, que se baseia na divisão das exigências nutricionais entre manutenção, crescimento e/ou produção.

A exigência de EM para aves está diretamente relacionada à necessidade para manutenção e às neces-

sidades para ganho de peso corporal e/ou produção de ovos (De Groote, 1974; Scott et al., 1982; Spratt et al., 1990; Pesti et al., 1992). A exigência de EM para manutenção compreende o metabolismo basal, que é representado pela energia calorífica envolvida na manutenção da integridade corporal, da produção de calor e das atividades normais, estando relacionada ao peso corporal e à temperatura ambiente (Balnave et al., 1978). Por outro lado, a exigência de EM para crescimento ou produção depende das taxas diárias de ganho de peso ou produção de ovos, respectivamente, e ainda dos teores de energia da carcaça e do ovo e das eficiências com que a energia da dieta é convertida em carcaça ou ovo (Emmans, 1974).

¹ Parte do Projeto Temático financiado pela FAPESP.

² Professora do Departamento de Zootecnia da FCAV-UNESP-Jaboticabal-SP – CEP: 14870-000, Pesquisadora do CNPq. E.mail: sakomura@fcav.unesp.br

³ Doutora em Produção Animal pela FCAV-UNESP – Jaboticabal.

⁴ Doutoranda em Produção Animal pela FCAV-UNESP – Jaboticabal - Bolsista da CAPES.

⁵ Zootecnista do Centro de Aquicultura da UNESP.

Segundo Lesson & Summers (1997), a ampla variação de ingestão de alimento observada nas poedeiras é causada pela variação na idade a maturidade sexual, inerente ao peso corporal e aos efeitos ambientais. De acordo com Emmans (1974), as necessidades energéticas para manutenção de poedeiras leves são reduzidas a 2,2 kcal/kg de peso corporal e o consumo de ração 1,5% a cada aumento de 1°C na temperatura. Segundo O'Neill & Jackson (1974), o aumento da temperatura ambiente proporciona diminuição na exigência de EM para manutenção, atribuída a aumento na eficiência de conversão da EM em energia líquida.

Entretanto, a relação entre produção de calor corporal e a temperatura interna dos aviários não é linear, uma vez que, em condições de estresse calórico, as exigências energéticas das aves são elevadas para se iniciar a perda de calor por evaporação respiratória (Rutz, 1996). Logo, é imprescindível a incorporação de fatores de correção para temperatura nas equações de predição das exigências energéticas, uma vez que esta variável tem efeito direto sobre a exigência de EM para manutenção (Pesti et al., 1992).

Para determinação das exigências energéticas para aves e para o estudo da utilização da energia consumida, Grimbergen (1974) sugere medidas calorimétricas, ensaios de alimentação e equações de regressão que relacionam os componentes do balanço energético. No entanto, estes componentes podem ser determinados por diversas técnicas utilizando câmara de respiração (Grimbergen, 1970), pelo método de carbono e nitrogênio (Hoffmann & Schiemann, 1973) ou pelo método do abate comparativo (Fuller et al., 1983).

Pelo método do balanço energético, a retenção de energia pode ser determinada pela equação $ER = EMI - HP$; em que ER é a energia retida no corpo da ave, EMI, a energia metabolizável ingerida; e HP, a produção de calor. A produção de calor pode ser determinada em câmara de respiração e a EMI, em ensaio da produção de excretas (Spratt et al., 1990). Segundo Blaxter (1989), em razão do grande número de mensurações analíticas, o método do balanço energético torna-se mais sujeito a erros e, portanto, a forma mais direta para determinação da energia retida seria o método do abate comparativo.

A utilização de modelos fatoriais que consideram diversas variáveis envolvidas na determinação da exigência energética total pode proporcionar a elaboração de diferentes planos de alimentação mais ade-

quados à situação real observada, uma vez que os modelos consideram as diferenças entre linhagens, o estágio de produção, as regiões e a época do ano para predição das exigências nutricionais, facilitando a elaboração de tabelas de exigências nutricionais para poedeiras (Sakomura, 1989). No entanto, existe grande variabilidade nos valores de eficiência encontrados na literatura, principalmente em razão de metodologias não-padroneizadas e da dificuldade de isolar a energia destinada para ganho de peso e produção de ovos.

Este estudo foi conduzido com os objetivos de se determinar as exigências de EM para manutenção, ganho de peso e produção de ovos e as respectivas eficiências de utilização e elaborar modelos para prever as exigências energéticas para poedeiras leves.

Material e Métodos

Para determinação das exigências energéticas para a manutenção, foram conduzidos ensaios em câmaras climáticas com temperaturas controladas em 12, 22 e 31 ($\pm 2^\circ\text{C}$). Noventa e seis poedeiras da linhagem Lohmann LSL com 42 semanas de idade distribuídas em cada câmara, em um delineamento inteiramente ao acaso, com quatro tratamentos, seis repetições de quatro aves por parcela, durante 38 dias (10 dias de adaptação e 28 dias de coleta de dados).

Os tratamentos aplicados às aves consistiram no fornecimento de diferentes níveis de ingestão de ração (à vontade, 75, 55 e 35% do consumo voluntário). A composição da dieta experimental e os níveis nutricionais foram formulados de acordo com as recomendações nutricionais do manual de criação e manejo da linhagem Lohmann LSL. Os níveis nutricionais foram 2.800 kcal/kg de EM, 17,50% PB, 3,5% Ca, 0,45% P disponível, 0,31% metionina, 0,58% metionina+cistina, 0,91% lisina e 1,72% ácido linoléico.

A energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAN) da dieta experimental, em cada temperatura e em cada nível de alimentação, foi determinada realizando-se coleta total de excretas durante quatro dias. As amostras das excretas e da dieta foram reunidas por repetições e homogeneizadas, retirando-se uma amostra de cada repetição. Essas amostras foram colocadas em estufa de ventilação forçada, a 55°C, para pré-secagem, e, posteriormente, foram encaminhadas ao laboratório, para análises de matéria seca, nitrogênio e energia bruta segundo técnicas descritas por Silva (1990). Com base nos

resultados das análises, foram calculados os valores de EMAn, por meio das equações propostas por Matterson et al. (1965).

A metodologia utilizada para determinar as exigências de EM para manutenção foi a do abate comparativo. No início e final do período experimental, foram feitos abates para quantificar o teor de energia corporal, analisado na carcaça e nas penas separadamente, para determinar a retenção de energia, incluindo também a energia retida (ER) na produção de ovos. A partir dos teores médios de energia inicial e final presentes na carcaça e nas penas e do peso médio de cada parcela, foram determinados os conteúdos de energia corporal total ao início e ao final do período experimental. Por diferença, estimou-se a energia corporal retida no período experimental. A energia retida nos ovos foi determinada multiplicando-se a massa de ovos produzida (gramas) de cada parcela pelo respectivo teor energético, determinado pela média das três amostragens de ovos realizadas durante o período experimental. Durante o período experimental, diariamente foram quantificados e pesados todos os ovos produzidos por parcelas e, para compor a amostragem, foram retirados seis ovos de cada grupo, homogeneizados por 2 minutos em liquidificador, colocados em estufa de ventilação forçada, a temperatura de 55°C, para pré-secagem e encaminhados ao laboratório para análise de matéria seca, energia bruta e nitrogênio, segundo técnicas descritas por Silva (1990). Somando-se a retenção de energia corporal e a energia retida nos ovos produzidos, determinou-se a retenção total de energia durante o período experimental.

A produção de calor (PC) foi determinada pela diferença entre a EM ingerida e a energia retida. Conforme Farrel (1974), a exigência de energia líquida para manutenção foi obtida pela regressão exponencial da produção de calor em função da ingestão de EM, quando extrapolada ao zero de ingestão de EM, de acordo com o procedimento descrito por Lofgreen & Garret (1968). A equação de regressão da energia retida em função da EM ingerida, determinada em cada temperatura, forneceu no intercepto do eixo X a exigência de EMm e a eficiência de utilização de EM da dieta considerando o coeficiente da equação de regressão. As exigências de EMm também foram obtidas por outro procedimento, de acordo com Sakomura (1989), utilizando a equação $EMm = EMI - ER/kg$, em que EMI é a energia

metabolizável ingerida, e kg, a eficiência de utilização da energia. O efeito da temperatura (T^o) sobre a EMm foi determinado por meio de regressão linear da EMm em função da T^o .

Para determinação das exigências de energia para ganho de peso, foram utilizadas 200 poedeiras da linhagem Lohmann LSL com 20 semanas de idade, alojadas em temperatura ambiente e distribuídas em quatro grupos compostos por 50 aves cada. O ensaio foi conduzido no período de 20 a 36 semanas de idade, quando foram quantificados, quinzenalmente, a ingestão de ração, o peso corporal, o ganho de peso e a produção de ovos.

A cada 15 dias, as aves foram pesadas individualmente e duas aves que apresentavam peso corporal semelhante à média do grupo foram submetidas a um jejum de 24 horas e, posteriormente, abatidas e congeladas. Após este procedimento, foram processadas em moinho elétrico por três vezes consecutivas para se obter amostras homogêneas, que foram colocadas em estufa com circulação de ar (54°C) por 72 horas, para obtenção de amostras secas ao ar. Em seguida, foram submetidas a processamento em moinho de bola e encaminhadas ao laboratório, para determinação dos teores de nitrogênio, matéria seca, cinzas, extrato etéreo e energia bruta, segundo Silva (1990).

A exigência de energia líquida para ganho de peso (ELg) foi determinada pela regressão dos teores de energia na carcaça em função do peso corporal. A eficiência de utilização de energia da dieta foi determinada no ensaio anterior considerando os coeficientes de regressão das equações da ER em função da EM ingerida. A exigência de EM por grama de ganho de peso foi obtida dividindo-se a exigência de energia líquida pela eficiência de utilização de energia da dieta.

As exigências de energia para produção de ovos foram determinadas em ensaio no período de 25 a 60 semanas de idade. Foram utilizadas 48 poedeiras da linhagem Lohmann LSL, recebendo ração à vontade, alojadas em gaiolas de postura e distribuídas em seis grupos de oito aves. A cada 15 dias, foram determinados o peso corporal, o consumo de ração, a produção de ovos e o teor de energia dos ovos.

A exigência de EM para produção de ovos foi calculada considerando-se o teor médio de energia dos ovos e a eficiência de utilização da EM da dieta para produção de ovos. A eficiência de utilização de energia para produção de ovos foi determinada por uma adaptação na equação sugerida por De Grote

(1974): $ko = EDo / [EMI - (EMm + EMg)]$, em que EDo é a energia depositada no ovo; EMI, a energia ingerida; EMm, energia destinada à manutenção; e EMg, a energia utilizada para ganho de peso.

Em todos os ensaios, as análises estatísticas foram realizadas por intermédio do programa SAEG (Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas), desenvolvido pela UFV (1997). Foram fornecidas as variáveis ao programa (REGREAMD), que forneceu modelos de regressão, seus respectivos coeficientes de determinação e suas análises de variância.

A partir dos coeficientes obtidos para a manutenção, o ganho de peso e a produção de ovos, foram elaboradas equações para prever as exigências energéticas, em kcal/ave/dia.

$$EM \text{ (kcal/ave/dia)} = P^{0,75} (EMm \pm T) + EMg \cdot G + EMo \cdot O,$$

em que EM = energia metabolizável; P = peso corporal das aves (kg); EMm = exigência de EM para manutenção (kcal/ave/dia); T = Fator de correção para efeito da temperatura sobre a exigência de manutenção (kcal/kg^{0,75}/°C); EMg = exigência de EM para ganho de peso (kcal/g de ganho de peso); G = ganho de peso diário;

EMo = exigência de EM para produção de ovos (kcal/g de ovo produzido); O = massa de ovos produzida (g).

Resultados e Discussão

Na Tabela 1 são apresentados os valores para ingestão de EMAn (IEMAn), retenção de energia na carcaça e produção de calor (PC) em cada temperatura.

Os valores de energia líquida para manutenção (ELm), energia metabolizável para manutenção (EMm) e eficiência de utilização da energia da dieta em cada temperatura foram obtidos por meio de regressões da ER em função da IEMAn e da PC em função da EMI, sendo todas as variáveis expressas em kcal/kg^{0,75}/dia (Tabela 2).

As exigências de EMm determinadas neste trabalho foram superiores àquelas encontradas por Rabello (2001) para matrizes pesadas em produção e mantidas em gaiolas sob as mesmas temperaturas. Estes resultados foram provavelmente causados pela menor atividade motora das matrizes, exigindo menores gastos de energia, em razão da menor atividade muscular das aves. O mesmo autor determinou menores produções de calor para as temperaturas estudadas (77,83;

Tabela 1 - Médias para ingestão de EMAn (IEMAn), retenção de energia em carcaça e ovos (ER) e produção de calor (PC), de acordo com a temperatura e os tratamentos experimentais
Table 1 - Means of energy metabolizable intake (EMI), carcass and egg energy retentions (ER) and heat production (HP), according to temperature and experimental treatments

Treatment	IEMAn EMI	ER ER	PC HP
		(kcal/kg ^{0,75} /dia ± DP) (kcal/kg ^{0,75} /day ± SE)	
		Temperatura de 12°C Temperature 12°C	
À vontade (ad libitum)	237,46 ± 6,26	63,27 ± 2,61	174,19 ± 7,98
75%	185,98 ± 2,75	36,40 ± 8,43	149,58 ± 8,78
55%	141,17 ± 0,98	-0,74 ± 7,67	141,91 ± 7,81
35%	92,38 ± 0,69	-30,79 ± 3,53	123,16 ± 4,07
		Temperatura de 22°C Temperature 22°C	
À vontade (ad libitum)	233,15 ± 10,38	76,59 ± 6,10	156,56 ± 13,34
75%	180,48 ± 0,73	42,82 ± 4,69	137,67 ± 4,49
55%	133,59 ± 1,58	9,25 ± 4,12	124,34 ± 5,50
35%	88,25 ± 0,92	-12,50 ± 6,63	100,75 ± 6,19
		Temperatura de 31°C Temperature 31°C	
À vontade (ad libitum)	182,33 ± 3,66	62,84 ± 9,65	119,48 ± 8,85
75%	135,98 ± 1,48	28,02 ± 4,88	107,96 ± 5,41
55%	104,16 ± 1,22	8,55 ± 4,60	95,61 ± 4,71
35%	66,63 ± 1,07	-17,44 ± 4,88	84,07 ± 5,77

Tabela 2 - Equações de regressão da energia retida (ER), produção de calor (PC), valores de EMm, ELM e eficiência de utilização da energia da dieta

Table 2 - Regression equations of energy retention (ER), heat production (HP), values of EMm, ELM and diet energy efficiency utilization

Equação ³ Equation	R ²	Exigência (kcal/kg ^{0,75} /dia) Requirement (kcal/kg ^{0,75} /day)	Eficiências Efficiency
Temperatura de 12°C Temperature 12°C			
ER = -91,471 + 0,6606 . EMI PC = 100,04.e ^{0,00229.IEMA}	0,96 0,94	EMm = 138,47 ELm = 100,04	Kg ¹ = 0,66 Km ² = 0,72
Temperatura de 22°C Temperature 22°C			
ER = -69,359 + 0,6194 . EMI PC = 79,85.e ^{0,00297.IEMA}	0,97 0,90	EMm = 111,98 ELm = 79,85	Kg ¹ = 0,62 Km ² = 0,71
Temperatura de 31°C Temperature 31°C			
ER = -63,697 + 0,6885 . EMI PC = 69,15.e ^{0,00307.IEMA}	0,96 0,84	EMm = 92,79 ELm = 69,15	Kg ¹ = 0,69 Km ² = 0,74

¹ Eficiência acima da manutenção kg=0,65 (Efficiency above maintenance kg=.65).² km – eficiência para manutenção (Km = ELm/EMm) (km- Efficiency to maintenance (Km = ELm/EMm)).³ P<0,01

65,20 e 59,29 kcal/kg^{0,75}/dia, respectivamente). Os resultados indicam que existem diferenças entre linhagem de postura e de corte. Uma vez que a EMm inclui a EM destinada ao metabolismo basal, ao incremento calórico, à termorregulação e à atividade, a exigência de EMm sempre é maior que o metabolismo basal. No entanto, este aumento é dependente das condições ambientais e das atividades físicas exercidas pela ave. De acordo com Klasing (1998), quando as aves são mantidas em gaiolas e não necessitam de energia adicional para caminhar, a EMm excede somente 50% a energia destinada ao metabolismo basal.

Os valores obtidos para eficiência de utilização da EMm de 72, 71 e 74%, nas temperaturas de 12, 22 e 31°C, respectivamente, indicam que as poedeiras utilizam, em média, de 26 a 29% da IEMAn para gastos com atividades. Por outro lado, Rabello (2001) encontrou, para matrizes pesadas em produção, eficiências um pouco inferiores, de 70, 71 e 67 para as temperaturas de 15, 22 e 30°C. Resultados na literatura sugerem que a eficiência de utilização da energia para manutenção é variável. Segundo De Groot (1974), as variações observadas para esse parâmetro podem ser decorrentes da composição das dietas, indicando eficiência média para manutenção em aves adultas e em crescimento de 85%.

Verificou-se também decréscimo linear na exigência de EMm com o aumento da temperatura ambiente, de acordo com a equação: EMm (kcal/ave/

dia) = P^{0,75}.(165,74 - 2,37.T), (R² = 0,99); em que P é o peso corporal da ave (kg) e T é a temperatura ambiente (°C). Resultado semelhante foi obtido com o segundo procedimento, determinando-se as exigências de manutenção 138,59 (± 5,83); 117,73 (± 11,84) e 98,89 (± 4,19) kcal de EM/kg^{0,75}/dia, respectivamente, para as temperaturas de 12, 22 e 31°C. O fator de correção das exigências de EMm, conforme a variação das temperaturas, foi: EMm (kcal/ave/dia) = P^{0,75}.(163,67 - 2,09.T), (R² = 0,85). À medida que a ave é exposta a reduções da temperatura ambiente, eleva-se a produção de calor para manter a temperatura corporal constante.

A maioria das equações encontradas na literatura (Rostagno, 1983; Sakomura, 1989; NRC, 1994) indica efeito linear da temperatura sobre a exigências de energia metabolizável para manutenção. No entanto, Rutz (1996) salienta que a relação entre produção corporal de calor e temperatura ambiente pode não ser linear, uma vez que, em condições de estresse calórico, as exigências energéticas das aves aumentam para se iniciar a perda de calor por evaporação respiratória. Assim, há diversos questionamentos sobre o comportamento da exigência de EMm em determinadas temperaturas elevadas. Sakomura (1998) salienta que este efeito é dependente da faixa de variação da temperatura considerada para determinação do fator de correção.

As variações na exigência de EMm de 2,37 e 2,09 kcal EM/kg^{0,75/°C}, conforme a temperatura ambiente, determinadas neste ensaio, encontram-se dentro da faixa de variação reportada na literatura (Emmans, 1974 – 2,2 kcal/kg^{0,75/°C}; Sakomura, 1989 – 2,0 kcal/kg^{0,75/°C}; NRC, 1994 – 1,95 kcal/kg^{0,75/°C}) para aves em produção.

Além da faixa de temperatura, a linhagem seria outra variável que poderia conferir efeitos distintos. Ao estudar o efeito da temperatura ambiente (13, 21 e 31°C) sobre a exigência de EM para manutenção de matrizes pesadas em produção alojadas em gaiolas, Rabello (2001) observou efeito quadrático conforme a equação $EMm = P^{0,75} (191,21 - 8,15.T + 0,16.T^2)$, indicando que a partir de 25,47°C ocorre aumento na exigência para manutenção. Esta diferença pode ser decorrente do fato de as poedeiras serem mais leves e, portanto, possuírem maior tolerância ao estresse térmico, indicando que a zona de conforto térmico dessas aves é diferente daquela das matrizes pesadas. De acordo com Leeson & Summers (1997), variações no peso corporal, no consumo alimentar, no empenamento e nas atividades físicas promovem diferenças nas respostas das aves diante das mudanças nas condições ambientais.

Conforme os resultados de composição corporal apresentados na Tabela 3, o teor de proteína bruta na carcaça não variou com o avanço da idade da ave, porém os teores de gordura tenderam a aumentar, enquanto a quantidade água tendeu a diminuir, em decorrência da característica inerente à poedeira em

depositar gordura abdominal com o avanço da idade. De acordo com Bennett & Leeson (1990), com o avanço da idade ocorre diminuição da porcentagem de água e aumento na de gordura, o que é comum a partir da maturidade sexual.

Considerando a composição em energia das penas e da carcaça, calculou-se o conteúdo total de energia bruta do corpo vazio, que foi relacionado ao peso corporal para obtenção da exigência líquida de energia para variação de um grama de peso corporal. A equação obtida, $EBC = -1959,7 + 4,34.PC$ ($R^2 = 0,91$), indica a exigência de energia líquida de 4,34 kcal/g de ganho de peso. Considerando-se a eficiência de utilização da energia da dieta acima da manutenção de 65%, relacionada na Tabela 2, estimou-se a exigência de EM para ganho de peso em 6,68 kcal EM/g de ganho de peso.

As exigências energéticas para ganho de peso reportadas na literatura apresentam ampla faixa de variação, com valores de 1,91 (Balnave et al., 1978) até 5,50 kcal EM/g de ganho de peso (NRC, 1994). Entretanto, a EM para ganho de peso é diretamente dependente da composição corporal. Scott et al. (1982) enfatizam que as comparações entre as exigências de EM devem ser feitas com cautela, uma vez que as linhagens apresentam diferenças de composição corporal. Estes resultados indicam que é preciso considerar a composição corporal de aves de linhagens diferentes, principalmente as dos tipos corte e postura, visando a determinação das exigências com base na composição corporal.

Tabela 3 - Peso das aves e composição corporal no período de 20 a 36 semanas de idade

Table 3 - Body weight and body composition from 20 to 36 weeks of age

Idade(sem) Age (wk)	Peso (g) ¹ Body weight ¹	Penas (%) ² Feathers ²	Água (%) Water	Cinzas (%) Ash	Gordura (%) Fat	Proteína (%) Protein	Energia (kcal/g) Energy
20	1359±5,8	5,9±0,21	59,5±1,62	3,3±0,11	16,9±1,48	16,1±0,37	2,7±0,13
22	1586±33,9	6,9±0,03	59,3±1,15	3,5±0,30	17,8±1,06	15,3±0,75	2,7±0,08
24	1596±25,0	6,4±0,02	60,5±1,39	2,9±0,16	17,6±1,24	15,0±0,30	3,0±0,13
26	1641±32,4	6,9±0,05	59,3±0,82	3,0±0,07	19,7±1,27	15,0±0,77	3,0±0,08
28	1648±32,6	4,0±0,57	58,8±0,46	3,1±0,28	19,6±0,54	15,2±0,41	3,3±0,29
30	1694±33,6	6,6±0,23	57,1±1,68	2,7±0,12	21,9±1,54	15,2±0,38	3,4±0,17
32	1665±28,7	5,3±0,05	59,9±1,44	2,7±0,10	19,2±1,69	15,0±0,24	3,2±0,13
34	1684±30,9	5,3±0,20	58,5±1,80	2,9±0,34	19,8±2,22	15,5±0,72	3,2±0,17
36	1731±33,4	6,8±0,16	58,6±0,77	2,9±0,19	20,5±1,25	14,8±0,74	3,2±0,08

¹ Composição corporal referente à carcaça depenada (Body composition of defeathered carcass).

² Composição média das penas (Composition of feathers) 9,58%(±0,63) de água (water), 0,55%(±0,13) de cinzas (ash), 1,63% (±0,26) de gordura (fat), 91,13% (±2,80) de proteína (protein) e 5,30 kcal/g (±0,15) de energia bruta (gross energy).

Outro fator importante na determinação da exigência de EM para ganho de peso é a eficiência com que a energia da dieta é aproveitada e depositada no tecido. Segundo De Groote (1974), esse parâmetro encontra-se na faixa de 37 a 85% para aves em crescimento. Para aves em produção, a determinação da eficiência energética para ganho de peso raramente é determinada, em função da dificuldade em separar a energia ingerida direcionada para ganho de peso da energia destinada à produção de ovos. Com o intuito de determinar a eficiência parcial para ganho de peso, Coon & Zhang (1999) têm sugerido a utilização de drogas para interrupção na produção de ovos. No entanto, é necessário avaliar se este procedimento não estaria alterando o metabolismo corporal e conseqüentemente fornecendo resultados questionáveis acerca da eficiência energética para ganho de peso. Rabello (2001), utilizando uma dieta com baixo teor de cálcio e evitando o estímulo luminoso, evitou a produção de ovos em matrizes pesadas, determinando eficiência de 47%, inferior à obtida neste trabalho, de 65%. Ressalta-se que esta eficiência não é só para o ganho de peso, uma vez que, para determinação da ER, foi considerada a retenção corporal e nos ovos.

Em razão de não ter sido observada diferença na composição em energia dos ovos (Tabela 4) com o avanço da idade da ave, foi utilizado o teor médio de 1,49 kcal/g de ovo. Para determinar a exigência de EM para produção de ovos, foi considerada a eficiência de 62%, resultando em 2,40 kcal/g de ovo produzido da dieta.

Os valores encontrados na literatura apresentam certa variabilidade, principalmente decorrente das discrepâncias em relação à eficiência de utilização da energia para esse fim. As exigências energéticas para produção de ovos variam de 1,92 (Sakomura, 1989) a 3,15 (Combs, 1968) e as eficiências, de 61,0% a 83,7% (Santomá, 1991).

Sakomura et al. (1993a), ao elaborarem equação de predição das exigências energéticas para poedeiras leves, consideraram eficiência de conversão da energia da dieta para produção de ovos de 80%, que foi estabelecida de acordo com o proposto por Waring & Brown (1965), Grimbergen (1970), Burlacu & Baltac (1971) e NRC (1984). Porém, os resultados deste experimento (62%), assim como os descritos por Coon & Zhang (1999), de 63%, podem indicar que a eficiência energética sugerida pelos trabalhos pioneiros pode estar superestimada, ocasionando subestimativa das exigências energéticas para produção de ovos.

Tabela 4 - Médias de consumo de ração, massa de ovos produzida e composição energética dos ovos durante o período de 25 a 60 semanas de idade

Table 4 - Means of feed intake, egg mass and energy of egg from 25 to 60 wk old

Idade (sem) Age (wk)	Consumo de ração (g/ave/dia) Feed intake (g/bird/day)	Massa de ovos (g/ave/dia) Egg mass (g/bird/day)	Energia dos ovos Egg energy (%)
25-27	106±2,80	50,86±1,89	1,47±0,01
27-29	121±2,76	56,64±1,69	1,41±0,06
29-31	119±3,14	58,75±1,05	1,46±0,08
31-33	122±1,83	59,92±0,62	1,29±0,07
33-35	120±2,37	61,11±1,08	1,32±0,05
35-37	120±1,79	59,61±0,43	1,37±0,07
37-39	120±1,87	59,47±1,98	1,62±0,09
39-41	119±2,43	59,21±1,78	1,55±0,13
41-43	122±2,14	58,15±1,54	1,62±0,09
43-45	118±2,93	58,67±2,00	1,63±0,11
45-47	117±2,17	55,40±2,10	1,47±0,13
47-49	110±3,50	58,96±1,71	1,48±0,07
49-51	117±3,43	56,82±2,15	1,54±0,04
51-53	119±2,43	56,22±2,79	1,60±0,04
53-55	115±3,37	54,70±1,93	1,66±0,07
55-57	116±4,70	57,13±1,00	1,48±0,08
57-59	117±2,10	55,71±1,31	1,45±0,09
59-61	117±3,44	56,61±2,09	1,54±0,11
Média	117±3,39	54,68±1,64	1,49±0,11

Means

A ampla faixa de variação observada dos resultados de trabalhos destinados à determinação das exigências fracionadas conforme o método fatorial provavelmente é decorrente da falta de padronização de metodologias, uma vez que são utilizadas diversas técnicas para determinação dos coeficientes que definem as exigências.

Conclusões

A partir dos coeficientes determinados para as exigências para manutenção, ganho de peso e produção de ovos, foram elaborados dois modelos para predição da exigências diárias de EM. Estes modelos consideram o peso corporal das aves (P em kg), o ganho de peso diário (G em g), a massa de ovos produzida (O em g) e a temperatura ambiente (T em °C):

$$EM(\text{kcal/ave/dia}) = P^{0,75} (165,74 - 2,37.T) + 6,68.G + 2,4.O$$

$$EM(\text{kcal/ave/dia}) = P^{0,75} (163,67 - 2,09.T) + 6,68.G + 2,4.O$$

Literatura Citada

- BALNAVE, D.; FARRELL, D.J.; CUMMING, R.B. The minimum metabolizable energy requirements of laying hens. **World's Poultry Science**, v.34, p.149-54, 1978.
- BENNETT, C.D.; LEESON, S. Body composition of the broiler-breeder pullets. **Poultry Science**, v.69, p.715-20, 1990.
- BLAXTER, K. **Energy metabolism in animal and man**. Cambridge: Cambridge University Press, 1989. 336p.
- BURLACU, G.H.; BALTAC, M. Efficiency of the utilization of the energy of food in laying hens. **Journal Agricultural Science**, v.77, p.405-11, 1971.
- COON, C.; ZHANG, B. **Ideal amino acid profile and metabolizable energy requirements for layers**. Fayetteville: University of Arkansas, 1999. p.263-78.
- COMBS, G.F. Amino acid requirements of broilers and laying hens. In: MARYLAND NUTRITION CONFERENCE, 1968, Maryland. **Proceedings...** Maryland: 1968. p.86-96.
- DE GROOTE, G. Utilization of metabolizable energy. In: MORRIS, T.R.; FREEMAN, B.M. (Eds.). **Energy requirements of poultry**. Edinburgh: British Poultry Science, 1974. p.113-133.
- EMMANS, G.C. The effect of temperature on performance of laying hens. In: MORRIS, T.R.; FREEMAN, B.M. (Eds.). **Energy requirements of poultry**. Edinburgh: British Poultry Science, 1974. p.79-90.
- FARRELL, 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.
- FULLER, H.L.; DALE, N.M.; SMITH, C. F. Comparison of heat production of chickens measured by energy balance and by gaseous exchange. **Journal Nutrition**, v.113, p.1403-8, 1983.
- GRIMBERGEN, A.H.M. The energy requirements for maintenance and production of laying hens. **Neth. Journal Agricultural Science**, v.18, p.195-206, 1970.
- GRIMBERGEN, A.H.M. Energy expenditure under productive conditions. In: MORRIS, T.R.; FREEMAN, B.M. (Eds.). **Energy requirements of poultry**. Edinburgh: British Poultry Science, 1974. p.61-71.
- HOFFMANN, L.; SCHIEMANN, R. Die verwertung der futterenergie durch of legend henne. **Archv Tierernaehr**, v.23, p.105-32, 1973.
- KLASING, K.C. **Comparative avian nutrition**. 1. ed. Califórnia: British Library, 1998. 350p.
- LEESON, S.; SUMMERS, J.D. **Commercial poultry nutrition**. 2.ed. Ontario: University Books, 1997. 350p.
- LOFGREEN, G.P.; GARRETT, W.N. A system for expressing net energy requirements and feed values for growing and finishing beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.27, n.3, p.793-806, 1968.
- MATTERSON, L.D. et al. **The metabolizable energy of feeds ingredient for chickens**. Storrs: The University of Connecticut, Agricultural Experiment Station, 1965. 11p. (Research Report, 7).
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Effect of environment on nutrient requirements of domestic animals**. Washington, D.C.: National Academy of Sciences, 1984, 152p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of poultry**. 9.ed. Washington, D.C.: National Academy of Sciences, 1994. 155p.
- O'NEILL, S.J.B.; JACKSON, N. Observations on the effect of environmental temperature and environmental at moult on the heat production and energy requirements of hens and cockrels of a white leghorn strain. **Journal of Agricultural Science**, v.82, p.553-8, 1974.
- PESTI, G.M.; DORFMAN, J.H.; GONZALES, M.J. Comparison of equations for predicting the metabolizable energy intake of laying pullets. **British Poultry Science**, v.33, p.553-9, 1992.
- RABELLO, C.B.V. **Euações de predição das exigências de energia e proteína para reprodutoras pesadas na fase de produção**. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 2001. 121p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, 2001.
- ROSTAGNO, H.S.; SILVA, D.J.; COSTA, P.M.A. et al. **Composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos: tabelas brasileiras**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1983. 59p.
- RUTZ, F. Programa nutricional para frangos de corte e poedeiras comerciais em climas quentes. In: SIMPÓSIO GOIANO DE AVICULTURA, 2., 1996, Goiânia. **Anais...** Goiânia, 1996. p.33-9.
- SANTOMÁ, G. Necesidades protéicas de las gallinas ponedoras. In: DE BLAS, C.; MATEOS, G.G (Eds.). **Nutricion y alimentación de gallinas ponedoras**. Madrid: Muldi Prensa, 1991. p.71-114.
- SAKOMURA, N.K. **Exigências nutricionais de energia metabolizável para reprodutoras pesadas, poedeiras semi-pesadas e leves**. Viçosa, 1989. 242p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S.; SOARES, P.R. et al. Determinação das equações de predição da exigência nutricional de energia para matrizes pesadas e galinhas poedeiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.22, n.5, p.723-31, 1993a.

- SAKOMURA, N.K. Influência da temperatura ambiente sobre a exigência nutricional de aves (frangos de corte, matrizes e galinhas de postura). In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1998, Campinas. **Anais...** Campinas: 1998. p.267-93.
- SCOTT, M.L.; NESHEIM, M.C.; YOUNG, R.J. **Nutrition of the chicken**. 3.ed. Ithaca: M.L. Scott, 1982. 562p.
- SPRATT, R.S.; BAYLEY, H.S.; McBRIDE, B.W. et al. Energy metabolism of broiler breeder hens. 1. The partition of dietary energy intake. **Poultry Science**, v.65, n8, p.1339-47, 1990.
- SILVA, D.J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1990. 166p.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **SAEG – Sistemas de Análises Estatísticas e Genéticas**. Versão 7.1 Viçosa, MG, 1997. 150p. (Manual do usuário).
- WARING, J.J.; BROWN, W.O. A respiration chamber for the study energy utilization for maintenance and production in the laying hen. **Journal of Agricultural Science**, v.65, p.139-48, 1965.

Recebido em: 04/03/04

Aceito em: 08/02/05