

EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE ENERGIA E PROTEÍNA DE CORDEIROS SANTA INÊS CASTRADOS E NÃO CASTRADOS

Francisco Wellington Rodrigues Lima¹;

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI), Valença do Piauí, PI.

<http://lattes.cnpq.br/9548341939475049>

Samila Barbosa Lisboa²;

Universidade Federal do Piauí (UFPI), Teresina, PI.

<http://lattes.cnpq.br/9197772691531276>

Rildson Melo Fontenele³.

Faculdade de Tecnologia CENTEC - FATEC CARIRI (FATEC Cariri), Juazeiro do Norte, CE.

<http://lattes.cnpq.br/9114260410299837>

RESUMO: O presente estudo foi realizado com objetivo de estimar as exigências nutricionais de energia e proteína para manutenção e ganho de peso de cordeiros castrados e não castrados. Utilizaram-se 38 cordeiros Santa Inês com peso corporal (PC) inicial de $14,46 \pm 1,72$ kg e aproximadamente dois meses de idade. Quatro animais de cada classe sexual foram abatidos no início do experimento como grupo referência, para obter composição corporal e peso de corpo vazio inicial. Os animais remanescentes foram alocados em baias individuais em esquema fatorial com três níveis alimentares (*ad libitum*, 30 e 60% de restrição) e duas classes sexuais (machos castrados e não castrados), com cinco animais por tratamento. Restrição alimentar promoveu redução na concentração corporal de gordura e energia, enquanto concentração de proteína não foi influenciada. Exigência líquida de energia (EL_g) e proteína (PL_g) para ganho de peso não foram afetadas pela classe sexual. EL_g variou de 0,269 a 0,479 Mcal/dia e PL_g variou de 24,57 a 16,33 g/dia para cordeiros com PC de 15 e 30 kg e ganho médio diário (GMD) de 200 g. Eficiência de uso de energia metabolizável para ganho (k_g) foi 0,37, e eficiência de uso da proteína metabolizável para ganho (k_{pg}) foi 0,28. Exigência de energia líquida para manutenção (EL_m) e de proteína líquida para manutenção (PL_m) não diferiram entre classes sexuais, e foram estimadas em 57,5 kcal/kg $PCJ^{0,75}$ /dia e 1,30 g/kg $PCJ^{0,75}$ /dia. Eficiência de uso da energia metabolizável para manutenção (k_m) e eficiência de uso da proteína metabolizável para manutenção (k_{pm}) foram estimadas em 0,60 e 0,57. Apesar da composição corporal diferir entre animais castrados e não castrados, as exigências nutricionais de energia e proteína para manutenção e ganho de peso não foram afetadas pela classe sexual para cordeiros com até 30 kg de PC.

PALAVRAS-CHAVE: Composição corporal. Energia metabolizável. Exigências líquidas.

Produção de calor. Abate comparativo, ovinos.

NUTRITIONAL ENERGY AND PROTEIN REQUIREMENTS OF SANTA INES LAMBS CASTRATED AND NON-CASTRATED

ABSTRACT: The present study was carried out with the objective of estimating the nutritional requirements of energy and protein for maintenance and weight gain of castrated and non-castrated lambs. Thirty-eight Santa Inês lambs with an initial body weight (BW) of 14.46 ± 1.72 kg and approximately two months of age were used. Four animals of each sexual class were slaughtered at the beginning of the experiment as a reference group, to obtain body composition and initial empty body weight. The remaining animals were allocated to individual pens in a factorial scheme with three dietary levels (ad libitum, 30 and 60% restriction) and two sexual classes (castrated and uncastrated males), with five animals per treatment. Dietary restriction promoted a reduction in body fat and energy concentration, while protein concentration was not influenced. Net energy (NEg) and protein (NPg) requirements for weight gain were not affected by sex class. NEg ranged from 0.269 to 0.479 Mcal/day and NPg ranged from 24.57 to 16.33 g/day for lambs with BW of 15 and 30 kg and average daily gain (ADG) of 200 g. Efficiency of use of metabolizable energy for gain (kg) was 0.37, and efficiency of use of metabolizable protein for gain (kpg) was 0.28. Requirements for net energy for maintenance (NEm) and net protein for maintenance (NPM) did not differ between sex classes, and were estimated at $57.5 \text{ kcal/kg FBW}^{0.75}/\text{day}$ and $1.30 \text{ g/kg FBW}^{0.75}/\text{day}$. Efficiency of use of metabolizable energy for maintenance (km) and efficiency of use of metabolizable protein for maintenance (kpm) were estimated at 0.60 and 0.57. Although body composition differs between castrated and non-castrated animals, nutritional energy and protein requirements for weight maintenance and gain were not affected by sex class for lambs weighing up to 30 kg BW.

KEY-WORDS: Body composition. Comparative slaughter. Heat production. Maintenance. Sheep metabolizable energy. Net requirements.

INTRODUÇÃO

O sucesso na produção de pequenos ruminantes nos trópicos depende de fatores nutricionais, do potencial produtivo dos animais e sua adaptação ao ambiente. Nesse contexto, podemos citar como exemplo a expansão da raça Santa Inês no rebanho ovino nacional, fato devido a sua grande rusticidade, produtividade expressiva e adaptação às condições tropicais. Essa raça teve origem na região Nordeste do País, e é resultado do cruzamento entre as raças Bergamácia, Morada Nova, Somalis Brasileira e animais sem padrão racial definido (SPRD). Conhecer as exigências nutricionais desses animais, bem como a eficiência de uso dos nutrientes, possibilita adequar dietas que os permitam

expressar plenamente o seu potencial produtivo.

O avanço na nutrição de ovinos tem como necessidade básica a acurácia nas estimativas das exigências nutricionais. Dietas desbalanceadas podem comprometer o desempenho dos animais e a eficiência econômica do sistema produtivo, além de promover maior produção de resíduos, aumentando os impactos ambientais provenientes da produção pecuária.

As exigências nutricionais podem ser influenciadas por fatores como raça, classe sexual, idade, peso corporal, composição corporal, condições ambientais e fisiológicas (NRC, 2007; AFRC, 1993). Além disso, estudos com ovinos da raça Santa Inês no Brasil demonstraram que as exigências desses animais diferem das preconizadas pelos principais comitês internacionais (Gonzaga Neto *et al.*, 2005; Galvani *et al.*, 2008; Regadas Filho *et al.*, 2013), que são baseados em estudos realizados com diferentes grupos genéticos, submetidos a diferentes condições ambientais. Porém, as dietas para ovinos no Brasil ainda têm sido balanceadas seguindo as recomendações desses comitês, o que pode ocasionar excesso ou falta de nutrientes na dieta.

A classe sexual exerce influência sobre o crescimento dos tecidos corporais (Chizzotti *et al.*, 2007), dessa forma também pode influenciar as exigências nutricionais e eficiência de uso dos nutrientes para manutenção e ganho de peso. Poucas pesquisas sobre exigências nutricionais de ovinos Santa Inês têm sido realizadas no Brasil (Silva *et al.*, 2003; Regadas Filho *et al.*, 2013), e não avaliaram os efeitos da classe sexual sobre as exigências nutricionais. Estudos reportam maior síntese proteica e menor deposição de gordura em machos não castrados em relação com machos castrados (Vittori *et al.*, 2006), sendo esses efeitos atribuídos a maior produção de hormônios androgênicos nos animais não castrados, principalmente a testosterona.

Este estudo foi realizado com o objetivo de estimar as exigências de energia e proteína para manutenção e ganho de peso, assim como a eficiência de utilização desses nutrientes em cordeiros Santa Inês castrados e não castrados.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, em Fortaleza. De acordo com o sistema de classificação de Köppen, esta região tem clima tropical úmido, com temperatura média de 26 °C e umidade relativa média de 78%. A região apresenta concentração do regime pluviométrico em um período de três a cinco meses no ano, com uma média de precipitação de 775 mm. Os cuidados com os animais atenderam as diretrizes do Comitê de Ética em Pesquisa Animal da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Brasil (UFC). Os animais foram identificados, tratados contra endoparasitas (Ivomec, Merial, Duluth, GA) e alocados em baias individuais (2,0 m²) providas de bebedouros e comedouros.

Para realização do estudo de abate comparativo foram utilizados 38 cordeiros da raça Santa Inês obtidos de rebanho comercial no Ceará. Os cordeiros tinham peso corporal (PC) médio inicial de $14,46 \pm 1,72$ kg e aproximadamente dois meses de idade. Dezenove cordeiros foram submetidos ao processo de castração, com uso de *burdizzo* e anestésicos, perfazendo 19 cordeiros castrados e 19 cordeiros não castrados.

Após 20 dias do processo de castração e adaptação às dietas, quatro animais de cada classe sexual foram aleatoriamente escolhidos e abatidos com o objetivo de determinar o peso de corpo vazio (PCVZ) e a composição corporal inicial (Tabela 1).

Tabela 1: Composição corporal, peso corporal e órgãos dos animais referência.

	Castrados		Não castrados	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Peso corporal inicial (kg)	15,75	3,02	13,33	2,49
Peso corporal ao jejum (kg)	14,37	1,81	12,12	1,50
Peso de corpo vazio (kg)	10,77	2,59	9,27	2,21
Água (%PCVZ)	70,15	2,10	69,09	1,11
Proteína (%PCVZ)	15,65	0,70	16,15	0,13
Gordura (%PCVZ)	7,73	1,28	7,88	1,12
Cinzas (%PCVZ)	6,35	0,50	6,38	0,23
Energia (Mcal/kg PCVZ)	1,61	0,15	1,65	0,10
Pele (%PCVZ)	9,18	0,31	9,16	0,75
Coração (%PCVZ)	0,68	0,08	0,75	0,08
Cabeça (%PCVZ)	7,09	0,48	6,93	0,53
Sistema Resp. (%PCVZ) ^a	3,36	0,32	3,47	0,20
Fígado (%PCVZ)	1,95	0,16	2,09	0,10
Rins (%PCVZ)	0,47	0,07	0,43	0,07
Gordura Visceral (%PCVZ) ^b	1,48	0,47	1,25	0,41
RURE (%PCVZ) ^c	3,40	0,32	3,38	0,32
Omaso (%PCVZ)	0,41	0,14	0,42	0,05
Abomaso (%PCVZ)	0,65	0,03	0,56	0,07
ID (%PCVZ) ^d	3,47	0,52	3,37	0,79
IG (%PCVZ) ^e	2,08	0,11	1,88	0,38

Fonte: Lima *et al.* (2024).

^aSistema Resp. = sistema respiratório; ^bGordura visceral = gordura renal, mesentérica, omental e cardíaca;

^cRURE = rúmen-retículo; ^dID= intestino delgado; ^eIG = intestino grosso.

Os 30 animais remanescentes foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3x2, sendo três níveis de alimentação (*ad libitum*, 30 e 60% de restrição) e duas classes sexuais (castrados e não castrados), com cinco animais por tratamento. A ração experimental (Tabela 2), composta de feno de capim Tifton 85 moído, milho grão moído, farelo de soja, cloreto de sódio, calcário, fosfato bicálcico e premix mineral, foi formulada conforme NRC (2007) para ganho de 200 g/dia.

Tabela 2: Proporção de ingredientes e composição química da ração experimental (g/kg MS).

Ingredientes, g/kg MS	Dieta Experimental
Feno de Tifton 85	607
Milho grão	197
Farelo de soja	188
Calcário calcítico	1,9
Fosfato bicálcico	4,1
Cloreto de sódio	0,7
Premix mineral ^a	0,3
Composição	
Matéria seca, g/kg	918
Proteína bruta, g/kg MS	178
Extrato etéreo, g/kg MS	25
Fibra em detergente neutro, g/kg MS	493
FDNcp ^b , g/kg MS	456
Fibra em detergente ácido, g/kg MS	234
Carboidratos totais, g/kg MS	741
Carboidratos não fibrosos, g/kg MS	284
Nutrientes digestíveis totais, g/kg MS	558

Fonte: Lima *et al.* (2024).

^aComposição: Fe 16,500 ppm; Mn 9,750 ppm; Zn 35,000 ppm; I 1000 ppm; Se 225 ppm; Co 1000 ppm; ^bFibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína.

As rações foram fornecidas duas vezes por dia (08:00 e 16:00 horas) e ajustadas e quantificadas diariamente para permitir, aproximadamente, 10% de sobras para os animais com consumo *ad libitum*. A restrição de 30 e 60% foi baseada no consumo dos animais *ad libitum* de cada classe sexual. A água foi fornecida *ad libitum* para todos os animais.

Para determinar a digestibilidade da dieta, utilizou-se a fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) como marcador interno para estimar a digestibilidade aparente dos nutrientes e a produção fecal (Casali *et al.*, 2008). As fezes foram coletadas durante três dias consecutivos em intervalos de 15 dias durante o período experimental: às 08:00 horas no primeiro dia, ao meio-dia no segundo dia e às 16:00 horas no terceiro dia. Foram realizadas seis coletas de fezes durante o período experimental. A quantificação do FDNi nas amostras fecais, sobras, concentrados e feno de capim Tifton 85 foram obtidos por meio dos resíduos da incubação *in situ* durante um período de 240 horas no rúmen de um bovino adulto, recebendo dieta composta por feno de capim Tifton 85 moído, milho grão moído, farelo de soja, cloreto de sódio, calcário, fosfato bicálcico e premix mineral. Após incubação, os sacos foram lavados em água corrente até ficarem claros. Em seguida foram submetidos ao protocolo de Van Soest *et al.* (1991), e o resíduo foi pesado e considerado como o FDNi.

Os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram calculados conforme Weiss (1999):

$$\text{NDT} = \text{PB}_d + \text{CNF}_d + \text{FDNcp}_d + (\text{EE}_d \times 2,25)$$

Onde: PB_d = proteína bruta digestível; CNF_d = carboidratos não fibrosos digestível; FDNcp_d = fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína; EE_d = extrato etéreo digestível.

A energia digestível (ED) foi estimada em 4,409 Mcal/kg de nutrientes digestíveis totais (NDT), e convertida em energia metabolizável (EM) utilizando a eficiência de 82% (NRC, 1996).

A PDR foi calculada como proteína microbiana x 1,11 (NRC, 1996). A estimativa da produção de proteína microbiana foi realizada utilizando as eficiências de síntese microbiana (PBmic) de 76,5; 67,1 e 57,8 g de $\text{PBmic}/\text{kg NDT}$ para os tratamentos *ad libitum*, 30% e 60% de restrição, respectivamente, e multiplicando por 0,64 para conversão em proteína microbiana verdadeira digestível. O consumo de proteína metabolizável (PM) foi calculado como a soma da proteína microbiana verdadeira digestível e o consumo de proteína não degradável no rúmen (PNDR). O consumo de PNDR foi calculado como a diferença entre o consumo de proteína bruta (PB) e a proteína degradável no rúmen (PDR).

Todos os animais experimentais foram pesados semanalmente, e quando os animais alimentados *ad libitum* atingiram a média de 30 kg de PC, todos os animais experimentais foram abatidos. Usando esse critério, o período experimental durou 100 dias. Antes do abate, os animais foram submetidos a jejum de 18 horas para determinação do peso corporal ao jejum (PCJ). O abate foi realizado por atordoamento dos animais, causando uma concussão cerebral, seguido de secção da veia jugular. Após o abate, a carcaça e os componentes não carcaça (sangue, órgãos, cabeça, cascos, e trato gastrointestinal (TGI)) e a pele de cada animal foram separados e pesados individualmente. O TGI foi esvaziado e pesado novamente. O peso do corpo vazio (PCVZ) foi obtido como o PCJ subtraído do conteúdo do TGI, da vesícula biliar e da bexiga.

Em seguida, as carcaças foram refrigeradas em câmara frigorífica a 4 °C por 24 horas, e então pesadas e cortadas ao meio sobre a linha média dorsal com o auxílio de uma serra de fita. A meia carcaça direita, os componentes não carcaça e o couro de cada animal foram moídos separadamente em moedor industrial de carne, homogeneizados, amostrados e congelados.

Amostras do concentrado, ingredientes e sobras foram pré-secas em estufa de ventilação forçada, durante 72 horas, em seguida foram moídas em moinho de facas com peneira de 1 mm (moinho tipo Wiley, Arthur H. Thomas, Philadelphia, PA, EUA). As amostras foram analisadas para determinar os níveis de matéria seca (MS, método 967,03 - AOAC,

1990), cinzas (método 942,05 - AOAC, 1990), proteína bruta (PB, método 981,10 - AOAC, 1990), extrato etéreo (EE, método 920,29 - AOAC, 1990) e fibra em detergente ácido (FDA, método 913,18 - AOAC, 1990). A fibra em detergente neutro (FDN) foi determinada de acordo com Van Soest *et al.* (1991), e FDN corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) conforme Licitra *et al.* (1996). As amostras do corpo dos animais foram desengorduradas por extração com éter em aparelho Soxhlet (AOAC, 1990) durante 12 h, em seguida foram moídas em moinho de bola para subseqüentes análises químicas.

As amostras da carcaça, componentes não carcaça e pele foram submetidas à pré-secagem em estufa de ventilação forçada. Em seguida as amostras foram desengorduradas em aparelho Soxhlet, processadas em moinho de bola e armazenados em recipientes fechados. O teor de matéria seca foi determinado colocando-se as amostras em estufa de ventilação forçada a 105 °C até alcançar peso constante. O teor de cinzas e proteína bruta foram determinados conforme metodologia descrita anteriormente para as amostras de ingredientes e rações experimentais. O conteúdo corporal de gordura (CCG) e proteína (CCP) foram determinados de acordo com suas concentrações no corpo vazio, enquanto o conteúdo corporal de energia (CCE) foi obtido segundo a equação:

$$\text{CCE (Mcal)} = 5,6405 (\text{CCP, kg}) + 9,3929 (\text{CCG, kg}) \text{ (ARC, 1980)}.$$

O PCVZ inicial dos animais abatidos no final do período experimental foi estimado usando a relação entre PCVZ e PC dos animais referência. Foram obtidas equações de regressão do logaritmo do conteúdo corporal de gordura, proteína e energia em função do logaritmo do PCVZ, para estimar o conteúdo desses constituintes por quilograma de PCVZ (ARC, 1980):

$$\text{Log } y = a + b \log x$$

Onde: Log y = logaritmo do conteúdo do constituinte no corpo vazio (g); a = intercepto; b = coeficiente de regressão; log x = logaritmo do PCVZ (kg).

Para estimar as exigências líquidas de energia para ganho de peso (EL_g), utilizou-se o modelo utilizado por Chizzotti *et al.* (2008):

$$EL_g \text{ (Mcal/dia)} = a \times \text{PCVZ}^{0,75} \times \text{GPCVZ}^b$$

Onde a e b são os coeficientes obtidos a partir da regressão não linear da energia retida (ER) em função do ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ).

A eficiência do uso da energia metabolizável para ganho (k_g) foi considerada como a inclinação da regressão entre ER e consumo de energia metabolizável (CEM).

A exigência de proteína líquida para ganho (PL_g , g/dia) foi estimada de acordo com a equação:

$$PR = \beta_0 + \beta_1 \times GPCVZ + \beta_2 \times ER$$

Onde PR = proteína retida no GPCVZ (g/dia); GPCVZ = ganho de peso de corpo vazio (kg/dia); ER = energia retida (Mcal/dia); e β_0 e β_1 = coeficientes da equação de regressão linear da PR em função do GPCVZ e ER.

A exigência de energia líquida de manutenção (EL_m) foi estimada como o intercepto da regressão entre a produção de calor (PCI, Mcal/kg PCVZ^{0,75}/dia) e consumo de energia metabolizável (CEM, Mcal/kg PCVZ^{0,75}/dia), utilizando o modelo não linear exponencial:

$$PCI = a \times e^{(b \times CEM)}$$

Onde a = exigência de energia líquida de manutenção; b = coeficiente de regressão; e = número de Euler.

A PCI foi calculada como a diferença entre a CEM e ER. A EL_m (Mcal/kg PCVZ^{0,75}/dia) foi convertida para Mcal/kg PCJ^{0,75}/dia, utilizando o fator 1,18 gerada a partir da relação entre PCJ/PCVZ.

A exigência de energia metabolizável para manutenção (EM_m) foi calculada pelo método iterativo, sendo considerada como o ponto onde o CEM é igual a PCI. A eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção (k_m) foi calculada como EL_m/EM_m (Marcondes *et al.*, 2011a).

Para estimar a exigência líquida de proteína para manutenção (PL_m), a proteína retida foi plotada em função do consumo de proteína metabolizável:

$$PR = \beta_0 + \beta_1 \times CPM$$

Em que PR = proteína retida (g/PCVZ^{0,75}/dia); CPM = consumo de proteína metabolizável (g/PCVZ^{0,75}/dia); β_0 e β_1 = coeficientes da equação.

A exigência de proteína líquida para manutenção (PL_m , g/kg PCVZ^{0,75}) foi assumida como o módulo de β_0 , e a eficiência de utilização da proteína metabolizável para ganho (k_{pg}) foi estimada como o β_1 (Marcondes *et al.*, 2011b). A PL_m (g/kg PCVZ^{0,75}) foi convertida para g/kg PCJ^{0,75}, utilizando o fator 1,18 gerada a partir da relação entre PCJ/PCVZ.

A exigência de proteína metabolizável para manutenção (PM_m , g/kg PCVZ^{0,75}) foi estimada pela divisão do intercepto da equação de regressão entre o consumo de proteína metabolizável (CPM, g/dia) em função do ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ, g/dia) pelo PCVZ metabólico dos animais (Wilkerson *et al.*, 1993):

$$CPM = \beta_0 + \beta_1 \times GPCVZ$$

Onde CPM = consumo de proteína metabolizável (g/dia); GPCVZ = ganho de peso de corpo vazio (kg/dia); e β_0 e β_1 = coeficientes da equação.

Os efeitos do nível de alimentação e da classe sexual sobre o consumo, desempenho e composição corporal foram avaliados através do procedimento GLM do SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC), com nível de significância igual a 0,05, de acordo com o modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + S_i + R_j + (SR)_{ij} + e_{ij}$$

Onde μ = média geral; S_i = efeito da classe sexual (castrados ou não castrados); R_j = efeito do nível de alimentação (*ad libitum*, 30 e 60% de restrição); $(SR)_{ij}$ = interação do nível de alimentação e classe sexual e e_{ij} = erro aleatório.

O procedimento REG do SAS foi utilizado para regressões lineares. A identidade do modelo foi testada usando variáveis dummy como proposto por Regazzi e Silva (1996). O procedimento NLIN foi utilizado em regressões não lineares. Os coeficientes de regressão para as diferentes classes sexuais foram comparados utilizando intervalo de confiança de 0,95, calculado para as regressões não lineares, quando significativas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve efeito da classe sexual ou interação da classe sexual com nível alimentar sobre o consumo de matéria seca (CMS). O ganho médio diário (GMD) e peso corporal final (PCF) foram afetados pelo nível alimentar, porém não sofreram efeitos da classe sexual ($P>0,05$) (Tabela 3).

A dieta fornecida para os cordeiros alimentados *ad libitum* foi calculada para GMD de 200 g/dia, porém o GMD observado foi de apenas 155,2 g/dia (Tabela 3), valor aproximadamente 22% inferior. O menor GMD observado nos cordeiros pode ser devido ao menor potencial genético dos cordeiros Santa Inês para ganho de peso em relação a cordeiros de raças lanadas, para os quais as recomendações do NRC foram feitas. Outro fator que pode ter contribuído para a discrepância é a variabilidade que ocorre entre os animais da raça Santa Inês devido a cruzamentos intercorrentes nas diferentes regiões do País, sobretudo na região Nordeste.

A restrição alimentar promoveu menor GMD e PCF (Tabela 3), podendo-se atribuir esse efeito ao menor CMS, pois esse fator é determinante do ingresso de nutrientes necessários ao atendimento das exigências de manutenção e ganho de peso, mantendo alta correlação com a produção animal. Mesmo alimentados com aporte de nutrientes próximo a manutenção, os animais submetidos a 60% de restrição alimentar apresentaram GMD de 26,8 g.

Tabela 3: Peso corporal, consumo e retenção de energia em cordeiros Santa Inês castrados e não castrados.

	Alimentação (A) ^a			Classe sexual (CS)		EPM ^b	P-valor			
							A × CS	CS	A	
	AL	30%	60%	C	NC				Linear	Quadrático
Peso corporal inicial (kg)	14,3	14,4	14,5	14,4	14,5	0,49	0,988	0,923	0,767	0,988
Peso corporal final (kg)	30,1	23,9	17,3	23,3	24,2	0,42	0,557	0,066	<0,001	0,727
Peso corporal ao jejum (kg)	27,6	22,1	15,8	21,5	22,2	0,37	0,547	0,131	<0,001	0,437
Ganho médio diário (g/dia)	155,2	91,1	26,8	86,7	95,3	5,24	0,673	0,151	<0,001	0,985
Peso de corpo vazio (kg)	23,0	17,7	12,2	17,3	17,9	0,31	0,383	0,106	<0,001	0,755
CMS (kg/dia) ^c	0,811	0,578	0,330	0,571	0,575	0,02	0,726	0,836	<0,001	0,682
CMS (g/kg PCVZ ^{0,75} /dia) ^c	99,6	80,8	54,4	77,9	78,6	2,63	0,794	0,837	<0,001	0,235
CPB (g/kg PCVZ ^{0,75} /dia) ^d	19,5	14,2	9,6	14,4	14,5	0,35	0,955	0,810	<0,001	0,479
CEM (kcal/kg PCVZ ^{0,75} /dia) ^e	199,8	191,3	135,1	174,6	176,2	5,28	0,913	0,777	<0,001	0,001
PCI (kcal/kg PCVZ ^{0,75} /dia) ^f	161,0	166,8	126,7	150,0	152,9	5,44	0,996	0,636	<0,001	0,001
ER (kcal/kg PCVZ ^{0,75} /dia) ^g	38,8	24,5	8,4	24,5	23,3	1,27	0,379	0,398	<0,001	0,568

Fonte: Lima *et al.* (2024).

^aAlimentação: AL = *ad libitum*; 30% = 30% de restrição alimentar; 60% = 60% de restrição alimentar; ^bEPM = Erro padrão da média; ^cCMS = Consumo de matéria seca; ^dCPB = Consumo de proteína bruta; ^eCEM = Consumo de energia metabolizável; ^fPCI = Produção de calor; ^gER = Energia retida.

O consumo de energia metabolizável (CEM), produção de calor (PCI) e a energia retida (ER) não foram afetados pela classe sexual ($P > 0,05$) (Tabela 3). O CEM e a ER diminuíram com o aumento da restrição alimentar, enquanto a PCI apresentou resposta quadrática. Segundo Domingue *et al.* (1991), ovinos são capazes de diferenciar alimentos com base em características como tamanho de partícula, cheiro, forma, textura e outras características sensoriais. Assim, os cordeiros alimentados *ad libitum* apresentaram maior seletividade, preferindo a porção concentrado da dieta, o que contribuiu para aumentar o CEM.

Os coeficientes obtidos a partir das regressões lineares entre peso de corpo vazio (PCVZ) e peso corporal (PC), e entre ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ) e ganho de peso corporal (GPC) não diferiram entre as classes sexuais ($P > 0,05$) dessa forma foram geradas equações para estimar o PCVZ e GPCVZ para cordeiros castrados e não castrados em conjunto:

$$\text{PCVZ (kg)} = -1,0887 + 0,9575 * \text{PC} \quad (R^2 = 0,98; \text{RMSE} = 0,228).$$

$$\text{GPCVZ (kg/dia)} = -0,0014 + 0,8199 * \text{GPC} \quad (R^2 = 0,98; \text{RMSE} = 0,007).$$

O nível alimentar influenciou a composição corporal (Tabela 4), promovendo redução ($P < 0,05$) no conteúdo corporal de gordura e, conseqüentemente, redução na concentração energética, quando os animais foram submetidos a 30 e 60% de restrição alimentar. Esse comportamento pode ser atribuído ao fato de os animais em restrição alimentar direcionam a maior parte da energia e nutrientes ingeridos para suprir as exigências de manutenção, resultando em menor aporte de nutrientes direcionados para ganho de peso e acúmulo de gordura. O conteúdo corporal de proteína não foi influenciado ($P < 0,05$) pelo nível alimentar ou classe sexual (Tabela 4), confirmando a teoria da baixa variabilidade deste nutriente no corpo do animal (NRC, 2007). A composição corporal apresenta alteração durante o crescimento devido a mudanças nas taxas de crescimento dos diferentes tecidos corporais, além disso a composição corporal é influenciada por fatores como raça, dieta, idade e classe sexual (NRC, 2007; CSIRO, 2007).

Tabela 4: Composição corporal e peso proporcional de órgãos em cordeiros Santa Inês castrados e não castrados.

	Alimentação ^a (A)			Classe sexual (CS)		EPM ^b	P-valor			
							A			
	AL	30%	60%	C	NC		A×CS	CS	Linear	Quadrático
Água (%PCVZ)	63,7	65,2	67,5	64,7	66,2	0,439	0,021	0,007	< 0,001	0,470
Proteína (%PCVZ)	14,6	14,7	14,4	14,3	14,8	0,399	0,763	0,257	0,696	0,753
Gordura (%PCVZ)	15,3	13,6	11,4	14,3	12,6	0,597	0,014	0,086	< 0,001	0,756
Cinzas (%PCVZ)	5,6	5,7	5,9	5,8	5,7	0,131	0,027	0,315	0,091	0,517
Energia (Mcal/kg PCVZ)	2,26	2,11	1,88	2,15	2,02	0,51	0,103	0,024	< 0,001	0,605
Órgãos										
Pele (%PCVZ)	9,16	9,45	9,02	9,13	9,28	0,317	0,314	0,675	0,764	0,340
Coração (%PCVZ)	0,59	0,60	0,68	0,63	0,62	0,024	0,615	0,687	0,018	0,149
Cabeça (%PCVZ)	5,05	5,78	7,25	6,06	5,98	0,118	0,105	0,532	< 0,001	0,013
Sistema Resp. (%PCVZ) ^c	3,17	3,38	3,35	3,33	3,28	0,292	0,268	0,431	0,350	0,491
Fígado (%PCVZ)	1,94	1,62	1,64	1,74	1,73	0,042	0,874	0,838	< 0,001	0,002
Rins (%PCVZ)	0,39	0,39	0,42	0,40	0,40	0,011	0,672	0,308	0,161	0,259
Gordura Visceral (%PCVZ) ^d	3,78	2,73	2,17	3,22	2,57	0,269	0,075	0,041	< 0,001	0,440
RURE (%PCVZ) ^e	2,68	2,98	2,99	2,93	2,83	0,101	0,247	0,339	0,038	0,229
Omaso (%PCVZ)	0,30	0,38	0,38	0,34	0,36	0,012	0,354	0,122	< 0,001	0,101
Abomaso (%PCVZ)	0,43	0,88	0,58	0,48	0,78	0,272	0,440	0,333	0,690	0,256
ID (%PCVZ) ^f	2,41	2,38	2,73	2,61	2,40	0,219	0,425	0,379	0,310	0,466
IG (%PCVZ) ^g	1,60	1,54	1,91	1,62	1,75	0,071	0,852	0,106	0,003	0,149

Fonte: Lima *et al.* (2024).

^aAlimentação: AL = *ad libitum*; 30% = 30% de restrição alimentar; 60% = 60% de restrição alimentar ;

^bEPM = Erro padrão da média; ^cSistema Resp. = sistema respiratório; ^dGordura visceral = gordura renal, mesentérica, omental e cardíaca; ^eRURE = rúmen-retículo; ^fID = intestino delgado; ^gIG = intestino grosso.

Os animais submetidos à restrição alimentar apresentaram aumento do peso proporcional do coração, cabeça, rúmen-retículo, omaso e intestino grosso ($P < 0,05$) e redução do peso proporcional do fígado e gordura visceral ($P < 0,05$). Não foi observado efeito da classe sexual sobre o peso proporcional dos órgãos e vísceras ($P > 0,05$). Porém, os animais castrados apresentaram maior peso de gordura visceral (Tabela 4).

Os órgãos apresentam grande exigência de energia e nutrientes para o desenvolvimento de suas funções fisiológicas. Os órgãos com maior atividade metabólica e que representam o maior gasto energético para manutenção são o fígado, o coração e o trato gastrointestinal (Baldwin *et al.*, 1980). A redução do peso relativo do fígado em função da restrição alimentar está relacionada à menor ingestão de nutrientes, especialmente energia

e proteína, uma vez esse órgão participa ativamente do metabolismo desses nutrientes (Ferrell *et al.*, 1976).

As equações alométricas propostas pelo ARC (1980) permitem realizar a predição do conteúdo de nutrientes por kg de corpo vazio, dessa forma possibilita a avaliação da variação da composição corporal em função da variação do peso corporal. O modelo alométrico ($y = ax^b$) é o que melhor descreve o crescimento, e permite uma descrição quantitativa da relação parte/todo, reduzindo todas as informações para um único valor (Berg e Butterfield, 1976). O teste de identidade indicou efeito da classe sexual nas equações para estimar o conteúdo corporal de gordura (CCG) (RMSE = 0,926; P = 0,019) e conteúdo corporal de energia (CCE) (RMSE = 0,970; P = 0,024) em função do PCVZ. Por outro lado, não houve efeito da classe sexual sobre a equação gerada para estimar o conteúdo corporal de proteína (CCP) em função do PCVZ:

Log CCG para cordeiros castrados: $1,344 (0,165) + 1,655 (0,136) * \log \text{PCVZ}$.

Log CCG para cordeiros não castrados: $1,793 (0,119) + 1,244 (0,096) * \log \text{PCVZ}$.

Log CCE para cordeiros castrados: $0,081 (0,056) + 1,179 (0,045) * \log \text{PCVZ}$.

Log CCE para cordeiros não castrados: $-0,152 (0,098) + 1,394 (0,080) * \log \text{PCVZ}$.

Log CCP para cordeiros castrados e não castrados: $2,116 (0,065) + 1,037 (0,053) * \log \text{PCVZ}$.

O conteúdo corporal de gordura, energia e proteína aumentaram em função do aumento do peso corporal. O conteúdo corporal de gordura e energia foram maiores em animais castrados (Tabela 5).

Tabela 5: Estimativa do conteúdo de gordura, energia e proteína no corpo vazio de ovinos Santa Inês castrados e não castrados em diferentes intervalos de peso corporal.

Classe Sexual	PC ^a (kg)	PCVZ ^b (kg)	Gordura (g/kg PCVZ)	Energia (Mcal/kg PCVZ)	Proteína (g/kg PCVZ)
Castrado	15	10,34	102,16	1,77	142,79
Não Castrado			110,00	1,84	
Castrado	20	14,49	127,45	2,02	144,61
Não Castrado			119,48	1,95	
Castrado	25	18,64	150,33	2,23	145,99
Não Castrado			127,08	2,04	
Castrado	30	22,79	171,49	2,41	147,09
Não Castrado			133,49	2,11	

Fonte: Lima *et al.* (2024).

^aPC= Peso corporal; ^bPCVZ = Peso de corpo vazio.

O menor conteúdo corporal de gordura em cordeiros não castrados está associado à ação de hormônios andrógenos, que são esteroides com ação anabólica que promovem maior deposição muscular e menor deposição de gordura (Guiroy *et al.*, 2002), promovendo menor conteúdo corporal de energia. O aumento do conteúdo corporal de proteína está relacionado com a deposição de tecido muscular durante o ganho de peso, indicando que os cordeiros ainda não tinham cessado o crescimento. No entanto, a deposição de proteína aumentou apenas 0,7% quando os animais passaram de 25 para 30 kg de PC.

A exigência de energia para ganho de peso está diretamente relacionada com a composição do ganho e é maior à medida que aumenta o conteúdo energético depositado no ganho (NRC, 2007). Embora os cordeiros castrados tenham apresentado conteúdo corporal de gordura mais elevado, não houve diferença na exigência de energia para ganho de peso entre cordeiros castrados e não castrados, assim foi gerada uma equação única para estimar a EL_g em cordeiros Santa Inês castrados e não castrados:

$$ER \text{ (Mcal/dia)} = 0,203 \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^{0,8154}$$

A EL_g obtida para cordeiros Santa Inês castrados e não castrados em função do PC e ganho médio diário está apresentada na Tabela 6.

Tabela 6: Exigência líquida de energia e proteína para ganho de peso corporal de ovinos Santa Inês castrados e não castrados.

PC ^a (kg)	PCVZ ^b (kg)	Ganho médio diário (g/dia)			
		100	150	200	250
Energia (Mcal/dia)					
15	10,34	0,152	0,213	0,269	0,324
20	14,49	0,194	0,272	0,344	0,413
25	18,64	0,233	0,326	0,414	0,497
30	22,79	0,271	0,379	0,479	0,576
Proteína (g/dia)					
15	10,34	10,39	17,41	24,57	31,84
20	14,49	8,73	15,10	21,64	28,32
25	18,64	7,20	12,94	18,92	25,05
30	22,79	5,74	10,91	16,33	21,94

Fonte: Lima *et al.* (2024).

^aPC = Peso corporal; ^bPCVZ = Peso de corpo vazio.

A EL_g estimada para os cordeiros castrados e não castrados foi de 0,344 Mcal/dia, considerando animais com 20 kg de PC e 200 g GMD (Tabela 6), valor inferior ao preconizado pelo NRC (2007), que reporta EL_g de 0,420 Mcal/dia para cordeiros com 20 e

30 kg de PC e GMD de 200 g. Porém, quando comparamos animais com 30 kg de PC, a EL_g estimada no presente estudo é 0,479 Mcal/dia, valor superior ao do NRC (2007), indicando que ovinos Santa Inês apresentam deposição de gordura precoce quando comparado com genótipos oriundos de clima temperado.

A eficiência do uso da energia metabolizável para ganho (k_g) foi considerada como a inclinação da regressão entre a energia retida (ER) e consumo de energia metabolizável (CEM), e resultou em 0,37:

$$RE = -0,1669 (0,0351) + 0,3648 (0,0481) * CEM (R^2 = 0,69; RMSE = 0,030).$$

A k_g pode variar em função da composição da dieta, composição do ganho de peso, grupo genético, taxa de ganho, estágio fisiológico e fatores ambientais (Garrett, 1980). A k_g decresce com o avanço da maturidade e aumento do conteúdo corporal de gordura (Ferrell e Jenkins, 1998; NRC, 2007). A deposição de gordura é mais energeticamente eficiente do que a de proteína, devido ao maior gasto energético com taxa de renovação da proteína corporal (Sanz Sampelayo *et al.*, 1995). No entanto, como a concentração de água é maior nos tecidos proteicos, a conversão da energia metabolizável em ganho de tecido muscular é mais eficiente. Dessa forma, animais com deposição precoce de gordura tendem a apresentar menor k_g .

A exigência de proteína líquida para ganho de peso (PL_g) não diferiu entre as classes sexuais, assim foi gerada uma equação única para estimar a PL_g em cordeiros Santa Inês castrados e não castrados:

$$PL_g \text{ (g/dia)} = -2,1125 + 229,170 \times GPCVZ - 39,2011 \times ER.$$

A PL_g é dependente do teor de matéria seca livre de gordura depositada no ganho de peso, e varia em função do peso corporal, taxa de ganho de peso, classe sexual, fatores genéticos e nutricionais (NRC, 2007; AFRC, 1993). Ovinos machos não castrados apresentam maior deposição de tecido magro no ganho de peso em comparação com machos castrados (Sales, 2014), e por isso, maior exigência de proteína para ganho. Esse efeito é decorrente da maior ação da testosterona em machos não castrados, que promove maior crescimento do tecido muscular e menor degradação de proteína por unidade de massa muscular. No entanto, neste estudo não houve diferença na composição corporal de proteína entre cordeiros castrados e não castrados, provavelmente devido ao abate precoce dos animais, o que resultou em falta de efeito da classe sexual nas exigências de proteína para ganho. Em estudo recente com ovinos deslanados de raça não definida com até 30 kg PC, Rodrigues *et al.* (2015) também não encontraram efeito de classe sexual

sobre a PL_g .

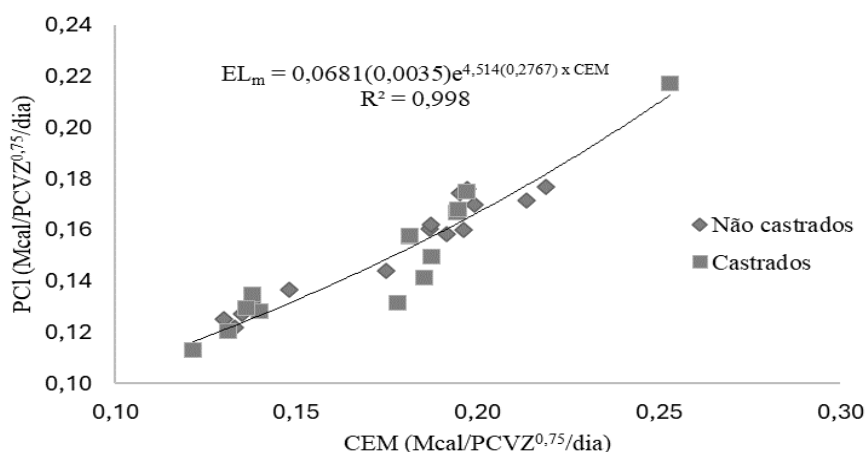
A PL_g estimada neste estudo apresentou redução com o aumento do PC, fato devido a redução da taxa de crescimento muscular e aumento no desenvolvimento do tecido adiposo que ocorre quando o animal se aproxima do seu peso adulto, resultando em redução da exigência de proteína para ganho de peso. A PL_g foi inferior à preconizada pelo NRC (2007) e AFRC (1993). Essa diferença pode ser atribuída a fatores genéticos, pois esses comitês são baseados em estudos com ovinos lanados, que apresentam maior peso à maturidade quando comparados com ovinos deslanados (Regadas Filho *et al.*, 2011).

A k_{pg} estimada neste estudo foi 0,28, valor inferior a 0,59 preconizado pelo AFRC (1993) e 0,70 pelo NRC (2007) e CSIRO (2007). A eficiência de uso da proteína metabolizável para ganho (k_{pg}) é influenciada por fatores fisiológicos, relacionados ao animal, bem como fatores dietéticos. A k_{pg} é baseada no valor biológico da proteína e na eficiência de uso de uma “mistura ideal” de aminoácidos, e por isso, fortemente influenciado pela qualidade da fonte de proteína não-degradada no rúmen e pelo valor biológico da proteína microbiana (Oldham, 1987).

A exigência de energia líquida para manutenção (EL_m) não diferiu entre as classes sexuais, dessa forma foi gerada uma equação para obtenção da EL_m para ovinos Santa Inês Castrados e não castrados:

EL_m (Mcal/PCVZ^{0,75}/dia) = 0,0681 (0,0035) e^{4,515(0,2767) x CEM}, (RMSE = 0,007; R² = 0,998) (Figura 1).

Figura 1: Relação entre consumo de energia metabolizável (CEM) e produção de calor (PCI) em ovinos Santa Inês castrados e não castrados.



Fonte: Lima *et al.* (2024).

A partir desta equação a EL_m foi estimada em 68,1 kcal/kg $PCVZ^{0,75}/dia$, que corresponde a 57,5 Kcal/kg $PCJ^{0,75}/dia$. A exigência de energia metabolizável para manutenção (EM_m), calculada pelo método iterativo, foi 96,1 kcal/kg $PCJ^{0,75}/dia$, e a eficiência da energia metabolizável para manutenção (k_m) foi estimada em 0,60.

A EL_m corresponde ao calor produzido pelo animal em jejum, ou seja, sem nenhum suporte alimentar para atendimento de qualquer outra necessidade energética, fazendo com que a produção de calor pelo animal nesse instante represente a quantidade de energia dispensada para as atividades estritamente basais, como respiração, circulação, homeotermia e funcionamento dos órgãos e sistemas enzimáticos (Valadares Filho *et al.*, 2010). A EL_m obtida neste estudo foi semelhante à taxa metabólica basal relatada por Poczopko (1971), 69 kcal/ $PCVZ^{0,75}/dia$, para mamíferos homeotérmicos adultos, indicando que os métodos de estimação foram consistentes.

O NRC (2000) estima EL_m 15% superior para machos não castrados em comparação com machos castrados e fêmeas. O comitê atribui essa diferença ao maior conteúdo corporal de proteína em machos não castrados, uma vez que este constituinte é metabolicamente mais ativo e exige maior aporte de energia para sua manutenção. Segundo Baldwin *et al.* (1980), aproximadamente 50% das exigências de energia para a manutenção são utilizadas na reciclagem da proteína e no transporte de íons através das membranas. A falta de efeito da classe sexual verificada neste estudo pode ser atribuída ao fato dos animais ainda estarem em crescimento, de modo que o efeito dos hormônios esteroides naturais não resultaram em diferenças na EL_m .

Para estimar a EL_m , o NRC (2007) adota o método do abate comparativo (Lofgreen e Garrett, 1968) e relata valor de 61,8 kcal/kg $PCJ^{0,75}/dia$, valor 7,5% superior ao estimado no presente estudo. Por outro lado, o AFRC (1993) e CSIRO (2007) utilizam o método calorimétrico, em que o calor produzido pelo animal é medido em câmaras ou estimado através do quociente respiratório, e recomenda EL_m de 64,9 e 65,9 kcal/kg $PCJ^{0,75}/dia$, respectivamente. Essas diferenças podem ser atribuídas às diferenças entre genótipo, metodologias utilizadas e natureza dos dados experimentais (Cannas *et al.*, 2004).

No Brasil, a maior parte dos estudos adota a metodologia do abate comparativo para estimar as exigências energéticas em ovinos. Nesse método, o consumo de energia metabolizável e a energia retida são medidos diretamente, enquanto a produção de calor é obtida por diferença. No método calorimétrico o consumo de energia metabolizável e a produção de calor são medidos diretamente, e a energia retida é obtida por diferença. O método de abate comparativo tem a vantagem de ser conduzido em condições semelhantes às dos sistemas de produção.

Para estimar a exigência líquida de proteína para manutenção (PL_m), a proteína retida foi plotada em função do consumo de proteína metabolizável:

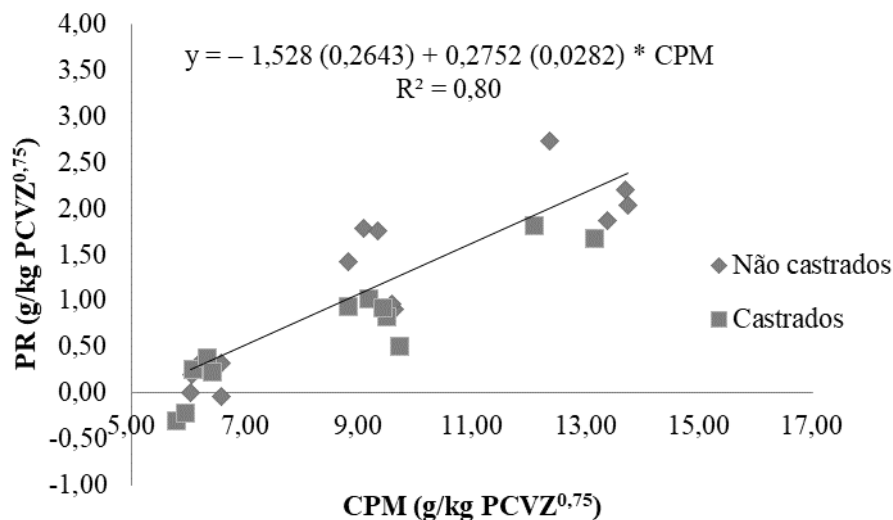
$$PR = \beta_0 + \beta_1 \times COM$$

Em que, PR = proteína retida (g/PCVZ^{0,75}/dia); CPM = consumo de proteína metabolizável (g/PCVZ^{0,75}/dia); β_0 e β_1 = coeficientes da equação.

A exigência de proteína líquida para manutenção (PL_m , g/kg PCVZ^{0,75}) foi assumida como o módulo de β_0 obtido na equação de regressão entre a proteína retida em função do consumo de proteína metabolizável. Não houve efeito de classe sexual sobre as exigências de proteína líquida para manutenção (PL_m), assim foi gerada uma equação para cordeiros Santa Inês castrados e não castrados:

$$PR = -1,528 (0,2643) + 0,2752 (0,0282) * CPM \text{ (RMSE} = 0,06; R^2 = 0,80 \text{) (Figura 2).}$$

Figura 2: Relação entre consumo de proteína metabolizável (CPM) e proteína retida (PR) em ovinos Santa Inês castrados e não castrados.



Fonte: Lima *et al.* (2024).

Dessa forma a PL_m foi estimada em 1,53 g/kg PCVZ^{0,75}/dia, que corresponde a 1,30 g/kg PCJ^{0,75}/dia. A relação entre o consumo de proteína metabolizável (CPM) e o ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ) foi representada pela equação:

$$CPM = 19,148 + 698,97 \times GPCVZ \text{ (RMSE} = 0,001; R^2 = 0,942 \text{).}$$

A exigência de proteína metabolizável para manutenção (PM_m) foi estimada em 2,28 g/kg $PCJ^{0,75}$ /dia, e a eficiência de uso da proteína metabolizável para manutenção (k_{pm}) em 0,57.

A exigência de proteína metabolizável para manutenção corresponde às perdas metabólicas fecais e urinárias, além das perdas de proteína por descamação. Variações na exigência de proteína para manutenção podem estar relacionadas com características genéticas, composição corporal, classe sexual, estágio fisiológico, fatores ambientais e diferenças nas metodologias utilizadas para a estimativa (Galvani *et al.*, 2009; Costa *et al.*, 2013).

A PL_m estimada neste estudo foi menor que o valor preconizado pelo ARC (1980); AFRC (1992); e CSIRO (2007), que preconizam PL_m de 1,98; 2,18 e 2,39 g/kg $PCJ^{0,75}$ /dia, respectivamente. Segundo Attaix *et al.* (2005) a redução no consumo de alimento pode resultar na diminuição da taxa de degradação proteica em alguns tecidos, o que pode ter colaborado para a menor exigência de PL_m estimada neste estudo, uma vez que os animais foram submetidos a restrição alimentar. O AFRC (1993) estima a PL_m através de dietas isentas de nitrogênio (N) e infusão de N intragástrico, o que pode superestimar a excreção desse elemento (CSIRO, 2007). Por outro lado, o NRC (2007) e CNCPS-S (Cannas *et al.*, 2004) utilizam equações empíricas para estimar o N excretado nas fezes, urina e retidos no pelo, onde a soma desses correspondem a PL_m . A metodologia utilizada neste estudo não leva em conta as perdas de N através do pelo e descamação cutânea, assim a PL_m estimada por esse método pode ser menor do que a recomendada pelos comitês internacionais (Chizzotti *et al.*, 2007).

O valor de k_{pm} preconizado pelos comitês internacionais varia amplamente. O NRC (2007) e o CSIRO (1990) preconizam k_{pm} de 0,67, valor 11% superior ao estimado neste estudo. Por sua vez, a versão mais recente do CSIRO (2007) preconiza k_{pm} de 0,70, enquanto o AFRC (1993) utiliza valor 1,0. Contribui para essa variação as diferenças nas metodologias adotadas, bem como as características genéticas das raças utilizadas nos estudos.

CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo indicaram que, apesar da composição corporal diferir entre ovinos Santa Inês castrados e não castrados, as exigências nutricionais de energia e proteína para manutenção e ganho de peso não foram afetadas pela classe sexual para cordeiros com até 30 kg de PC. Além disso, o presente estudo enfatiza a importância de atualizar as tabelas de exigências nutricionais dos comitês internacionais, com a inclusão de dados obtidos em estudos com raças ovinas criadas em condições tropicais, com o objetivo de melhorar a eficiência produtiva dos animais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL – AFRC. **Energy and protein requirements of ruminants**. Wallingford: CAB International, 1993.
- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL – ARC. **The Nutrient Requirements of Ruminant livestock**. CABI International, Slough, UK, 1980.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis of AOAC international**. 14.ed. Washington, DC, 1990.
- ATTAIX, D.; RÉMOND, D.; SAVARY-AUZÉLOUX, I. C. Protein metabolism and turnover. In: DIJKSTRA, J.; FORBES, J. M.; FRANCE, J. (Eds.). **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**. 2.ed. Wallingford: CAB International, 2005. P. 373-397.
- BALDWIN, R. L.; SMITH, N. E.; TAYLOR, J.; SHARP, M. Manipulating metabolic parameters to improve growth rate and milk secretion. **Journal of Animal Science**, v. 51, p. 1416–1428, 1980.
- BERG, R. T.; BUTTERFIELD, R. M. **New concepts of cattle growth**. 1.ed. Sydney: Sydney University Press, 1976. 240p.
- CANNAS, A.; TEDESCHI, L. O.; FOX, D. G.; PELL, A. N.; VAN SOEST, P. J. A. Mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological values for sheep. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 149-169, 2004.
- CASALI, A. O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C.; PEREIRA, J. C.; HENRIQUES, L. T.; FREITAS, S. G.; PAULINO, M. F. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos *in situ*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 335-342, 2008.
- CHIZZOTTI, M. L.; VALADARES FILHO, S. C.; TEDESCHI, L. O.; CHIZZOTTI, F. H. M.; CARSTENS, G. E. Energy and protein requirements for growth and maintenance of F1 Nellore x Red Angus bulls, steers, and heifers. **Journal of Animal Science**, v. 85, p. 1971-1981, 2007.
- CHIZZOTTI, M. L.; TEDESCHI, L. O.; VALADARES FILHO, S. C. A meta-analysis of energy and protein requirements for maintenance and growth of Nellore cattle. **Journal of Animal Science**, v. 86, p. 1588-1597, 2008.
- COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANISATION – CSIRO. **Nutrient Requirements of Domesticated Ruminants**. CSIRO Publishing, Collingwood, Australia, 2007.
- COSTA, M. R. G. F.; PEREIRA, E. S.; SILVA, A. M. A.; PAULINO, P. V. R.; MIZUBUTI, I. Y.; PIMENTEL, P. G.; PINTO, A. P.; ROCHA JUNIOR, J. N. Body composition and net energy and protein requirements of Morada Nova lambs. **Small Ruminant Research**, v. 114, p. 206-213, 2013.

- DOMINGUE, B. M.; DELLOW, D. W.; BARRY, T. N. The efficiency of chewing during eating and ruminating in goats and sheep. **British Journal of Nutrition**, v. 65, p. 355–363. 1991.
- FERRELL, C. L.; GARRETT, W. N.; HINMAN, N. GRICHTING, G. Energy utilization by pregnant heifers. **Journal of Animal Science**, v. 42, p. 937-950, 1976.
- FERRELL, C. L.; JENKINS, T. G. Body composition and energy utilization by steers of diverse genotypes fed a high-concentrate diet during the finishing period: I. Angus, Belgian Blue, Hereford and Piedmontese sires. **Journal of Animal Science**, v. 76, p. 637–646. 1998.
- GALVANI, D. B.; PIRES, C. C.; KOZLOSKI, G. V.; WOMMER, T. P. Energy requirements of Texel crossbred lambs. **Journal of Animal Science**, v. 86, p. 3480-3490, 2008.
- GALVANI, D. B.; PIRES, C. C.; KOZLOSKI, G. V.; SANCHEZ, L. M. B. Protein requirements of Texel crossbred lambs. **Small Ruminant Research**, v. 81, p. 55-62, 2009.
- GARRETT, W. N. Factors influencing energetic efficiency of beef production. **Journal of Animal Science**, v. 51, p. 1434-1440, 1980.
- GONZAGANETO, S.; SILVA SOBRINHO, A. G.; RESENDE, K. T.; ZEOLA, N. M. B. L.; SILVA, A. M. A.; MARQUES, C. A. T.; LEÃO, A. G. Composição corporal e exigências nutricionais de proteína e energia para cordeiros Morada Nova. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, p. 2446-2456, 2005.
- GUIROY, P. J.; TEDESCHI, L. O.; FOX, D. G.; HUTCHESON, J. P. The effects of implant strategy on finished body weight of beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 80, p. 1791-1800, 2002.
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M.; VAN SOEST, P. J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v. 57, p. 347–358, 1996.
- 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, p. 793–806, 1968.
- MARCONDES, M. I.; VALADARES FILHO, S. C.; OLIVEIRA, I. M., PAULINO, M. F.; PAULINO, P. V. R.; DETMANN, E.; SILVA, L. F. C. Exigências de energia de animais Nelore puros e mestiços com as raças Angus e Simental. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.4, p.872-881, 2011^a.
- MARCONDES, M. I.; VALADARES FILHO, S. C.; OLIVEIRA, I. M.; VALADARE, R. F. D.; PAULINO, M. F.; PRADOS L. F. Exigências de proteína de animais Nelore puros e cruzados com as raças Angus e Simental. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 10, p. 2235-2243, 2011^b.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient Requirements of Beef Cattle**. 7th edn. National Academy Press, Washington, DC, USA, 1996.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids and New World Camelids.** National Academy Press, Washington, DC, 2007.

OLDHAM, J. D. **Efficiencies of amino acid utilization.** In Feed evaluation and protein requirement systems for ruminants (ed. JARRIGE, R. and ALDERMAN, G.), CEC, Luxemborg. 1987, pp. 171-186.

PEREIRA, E. S.; FONTENELE, R. M.; MEDEIROS, A. N.; LOPES, R. O.; CAMPOS, A. C. N.; HEINZEN, E. L.; BEZERRA, L. R. Requirements of protein for maintenance and growth in ram hair lambs. **Tropical Animal Health and Production**, v. 49, p. 1323-1327, 2016.

POCZOPKO, P. Metabolic levels in adult homeotherms. **Acta Theriologica**, v. 16, p. 1-21, 1971.

REGADAS FILHO, J. G. L.; PEREIRA, E. S.; VILLARROEL, A. B. S.; PIMENTEL, P. G.; MEDEIROS, A. N.; FONTENELE, R. M.; MAIA, I. S. G. Composição corporal e exigências líquidas proteicas de ovinos Santa Inês em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 1339-1346, 2011.

REGADAS FILHO, J. G. L.; PEREIRA, E. S.; PIMENTEL, A. B. S.; MEDEIROS, A. N.; FONTENELE, R. M. Body composition and net energy requirements for Santa Ines lambs. **Small Ruminant Research**, v. 109, p. 107-112, 2013.

REGAZZI, A. J.; SILVA, C. H. O. Teste para verificar a identidade de modelos de regressão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, p. 1-17, 1996.

RODRIGUES, R. T. S.; SILVA, I. F.; QUEIROZ, M. A. A.; SILVA, T. S.; BUSATO, K. C.; SILVA, A. M. A. Energy and protein requirements of non-descript breed hair lambs of different sex classes in the semiarid region of Brazil. **Tropical Animal Health Production**, v. 47, p. 1-8, 2015.

SALES, J. Quantification of the effects of castration on carcass and meat quality of sheep by meta-analysis. **Meat Science**, v. 98, p. 858–868, 2014.

SANZ SAMPELAYO, M. R.; LARA, L.; EXTREMERA, F. G. Energy utilization for maintenance and growth in preruminant kid goats and lambs. **Small Ruminant Research**, v. 17, p. 25-30, 1995.

SILVA, A. M. A.; SILVA SOBRINHO, A. G.; TRINDADE, I. A. C. M.; RESENDE, K. T.; BAKKE, O. A. Net requirements of protein and energy for maintenance of wool and hair lambs in a tropical region. **Small Ruminant Research**, v. 49, p. 165-171, 2003.

VALADARES FILHO, S. C.; MARCONDES, M. I.; PAULINO, P. V. R. **Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados – BR CORTE.** 2.ed. Viçosa, MG: UFV, Suprema Gráfica Ltda. 2010. 193p.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nostarch polyssacharides in relation to animal nutrition. **Journal of**

Dairy Science, v. 74, p. 3583-3597, 1991.

VITTORI, A.; QUEIROZ, A. C.; RESENDE, F. D.; GESUALDI JÚNIOR, A.; ALLEONI, G. F.; RAZOOK, A. G.; FIGUEIREDO, L. A.; GESUALDI, A. C. L. S. Características de carcaça de bovinos de diferentes grupos genéticos, castrados e não castrados, em fase de terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 2085-2092, 2006.

WEISS, W. P. **Energy prediction equations for ruminant feeds**. P. 176-185 in Proc. Of Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers, Cornell University, Ithaca, USA, 1999.

WILKERSON, V. A.; KLOPFENSTEIN, T. J.; BRITTON, R. A.; STOCK, R. A.; MILLER, P. S. Metabolizable protein and amino acid requirements of growing beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 71, p. 2777-2784, 1993.