



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

DAYANNE RIBEIRO DO NASCIMENTO

EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE ENERGIA E PROTEÍNA PARA GANHO DE
PESO EM OVINOS E CAPRINOS

FORTALEZA

2025

DAYANNE RIBEIRO DO NASCIMENTO

EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE ENERGIA E PROTEÍNA PARA GANHO DE PESO
EM OVINOS E CAPRINOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Zootecnia. Área de concentração: Nutrição de Ruminantes.

Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Elzania Sales Pereira

FORTALEZA

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- N194 Nascimento, Dayanne Ribeiro do.
Exigências nutricionais de energia e proteína para ganho de peso em ovinos e caprinos / Dayanne Ribeiro do Nascimento. – 2025.
39 f.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Fortaleza, 2025.
Orientação: Profa. Ma. Elzania Sales Pereira.
1. eficiência do uso da energia. 2. eficiência do uso da proteína. 3. energia líquida. 4. espécies. 5. proteína líquida. I. Título.

CDD 636.08

DAYANNE RIBEIRO DO NASCIMENTO

EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE ENERGIA E PROTEÍNA PARA GANHO DE PESO
EM OVINOS E CAPRINOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Zootecnia. Área de concentração: Nutrição de Ruminantes.

Aprovada em: 03/09/2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a Elzania Sales Pereira (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Luciano Pinheiro da Silva
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Antonio de Sousa Brito Neto
Universidade Federal de Viçosa (UFV)

Dr. Caio Julio Lima Herbster
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, Francisca Ribeiro e Batista do
Nascimento.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

À Universidade Federal do Ceará e ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia UFC-UFPB, pela oportunidade de realizar o mestrado.

À Professora Dr^a Elzania Sales Pereira, por todos os anos de orientação e por todos os ensinamentos desde o período da graduação, colaborando com meu crescimento profissional.

Aos participantes da banca, Dr. Caio Júlio Lima Herbster e professores Luciano Pinheiro da Silva e Antonio de Sousa Brito Neto pela disponibilidade, pelas sugestões e pela colaboração para melhoria do trabalho.

A todos os docentes do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, por todos os ensinamentos e incentivo durante toda minha formação profissional.

Aos membros do Laboratório de Nutrição Animal – LANA, pelo apoio na realização das análises laboratoriais e pelos momentos de descontração.

Aos meus pais, Francisca e Batista, por todo amor, todo esforço, toda dedicação e todo apoio incondicional durante toda minha vida. Sem vocês eu não teria chegado até aqui. Obrigada!

À minha prima Andréa, uma verdadeira irmã. Nossos momentos de conversa e desabafos foram fundamentais em toda essa caminhada.

Aos meus queridos amigos, Amanda, Caio, Evandra, Ana Jullya, Vitória, Bárbara e Brito, por todo apoio, conselhos e momentos compartilhados. Vocês se tornaram minha segunda família e foram muito importantes para o meu crescimento pessoal e profissional.

“A ciência nunca resolve um problema sem
criar pelo menos outros dez.” (GEORGE
BERNARD SHAW)

RESUMO

Embora caprinos e ovinos sejam frequentemente criados conjuntamente no Brasil, suas particularidades fisiológicas e metabólicas podem demandar exigências nutricionais distintas, ainda pouco elucidadas, especialmente quando se considera que os principais sistemas de alimentação foram desenvolvidos com base em dados de regiões de clima temperado e raças distintas das tropicais. Com isso, objetivou-se determinar as exigências nutricionais de energia e proteína para ganho de peso corporal em machos inteiros de ovinos da raça Santa Inês e caprinos da raça Boer. Para isso, foram utilizados 30 animais, sendo 15 ovinos machos Santa Inês e 15 caprinos machos Boer com o peso corporal médio inicial de $24 \text{ kg} \pm 3,5$. No dia um (01) do ensaio experimental, de acordo com a metodologia do abate comparativo, foram abatidos seis animais – 3 animais de cada espécie –, sendo selecionados aleatoriamente e abatidos para serem utilizados como grupo referência para a estimativa do PCVZi e da CCI. Os 24 animais remanescentes foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3×2 com três níveis alimentares (*ad libitum*, 30 e 60% de restrição alimentar) e duas espécies. No final do período experimental, aos 180 dias, os animais remanescentes foram abatidos. Os requerimentos de energia líquida para ganho (ELg Mcal/dia) foram estimados por meio da regressão da energia retida em função do peso de corpo vazio metabólico (PCVZ^{0,75}) e do ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ). Não foi observado efeito significativo da espécie ($P > 0,9309$), sendo obtida uma equação única para ambas as espécies: $\text{ELg (Mcal/dia)} = 0,213 (\pm 0,06523) \times \text{PCVZ}^{0,75} \times \text{GPVCZ}^{0,8874(\pm 0,05648)}$. A exigência de proteína líquida para ganho (PLg g/dia) foi determinada com base na equação logarítmica: $\text{Log Proteína: } 2,19 (\pm 0,069) + 0,985 (\pm 0,046) \times \text{Log PCVZ}$, também sem efeito significativo da espécie ($P > 0,1614$), permitindo a estimativa da PLg (g/dia) por meio de uma única equação geral para caprinos e ovinos. A partir da equação de ELg (Mcal/dia) gerada neste estudo, ovinos e caprinos machos inteiro variando de 10 kg a 40 kg de PC e um GMD de 0,100 kg/dia obtiveram o mesmo valor de 0,092 Mcal/dia e 0,318 Mcal/dia, respectivamente. Com base na equação de PLg, a exigência de proteína líquida para ganho variou de 12,89 a 24,84 g/dia para ovinos e de 13,93 a 25,85 g/dia para caprinos, considerando pesos de 10 a 40 kg e GMD de 0,100 a 0,200 kg/dia, respectivamente. Dessa forma, as exigências de energia e proteína para ganho de peso não diferiram para as duas espécies.

Palavras-chave: eficiência do uso da energia; eficiência do uso da proteína; energia líquida; espécies; proteína líquida.

ABSTRACT

Although goats and sheep are often raised together in Brazil, their physiological and metabolic characteristics may entail distinct nutritional requirements, which remain largely unexplained, especially considering that the main feeding systems were developed based on data from temperate regions and breeds other than tropical ones. Therefore, the goal of this study was to determine the nutritional requirements of energy and protein for body weight gain in entire male Santa Inês sheep and Boer goats. Thirty animals were used, consisting of 15 male Santa Inês sheep and 15 male Boer goats, with an average initial body weight of $24 \text{ kg} \pm 3.5 \text{ kg}$. On the first day of the experimental trial, according to the comparative slaughter methodology, six animals were randomly selected from each species and slaughtered to serve as a reference group for estimating initial EBW and initial BC. The remaining 24 animals were distributed in a randomized design in a 3×2 factorial arrangement with three dietary levels (*ad libitum*, 30% and 60% feed restriction) and two species. At the end of the experimental period, after 180 days, the remaining animals were slaughtered. The net energy requirements for gain (NEg Mcal/day) were estimated by regression of retained energy against metabolic empty body weight ($\text{EBW}^{0.75}$) and empty body weight gain (EBWG). No significant effect of species ($P > 0.9309$), was observed, obtaining a single equation for both species: $\text{NEg (Mcal/day)} = 0.213_{(\pm 0.06523)} \times \text{EBW}^{0.75} \times \text{EBW}^{0.8874(\pm 0.05648)}$. The net protein requirement for gain (NPg g/day) was determined based on the logarithmic equation: $\text{Log Protein: } 2.19_{(\pm 0.069)} + 0.985_{(\pm 0.046)} \times \text{Log EBW}$, also with no significant effect of species ($P > 0.1614$), allowing the estimation of NPg (g/day) through a single general equation for goats and sheep. From the NEg (Mcal/day) equation generated in this study, entire male sheep and goats ranging from 10 kg to 40 kg BW and an ADG of 0.100 kg/day obtained the same values of 0.092 Mcal/day and 0.318 Mcal/day, respectively. Based on the NPg equation, the net protein requirement for gain ranged from 12.89 to 24.84 g/day for sheep and from 13.93 to 25.85 g/day for goats, considering weights from 10 to 40 kg and ADG of 0.100 to 0.200 kg/day, respectively. Therefore, the energy and protein requirements for weight gain did not differ for the two species.

Keywords: energy efficiency; net energy; net protein; protein efficiency; species.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	10
2	REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1	Métodos para estimar as exigências nutricionais	12
2.2	Fatores que influenciam as exigências nutricionais.....	13
2.3	Exigência nutricional para ganho	15
3	EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE ENERGIA E PROTEÍNA PARA GANHO DE PESO EM OVINOS E CAPRINOS.....	16
3.1	Introdução.....	18
3.2	Material e Métodos.....	19
<i>3.2.1</i>	<i>Declaração de ética.....</i>	<i>19</i>
<i>3.2.2</i>	<i>Animais, Instalações e procedimentos experimentais</i>	<i>19</i>
<i>3.2.3</i>	<i>Procedimentos de abate e amostragens de componentes corporais.....</i>	<i>22</i>
<i>3.2.4</i>	<i>Análises químicas</i>	<i>23</i>
<i>3.2.5</i>	<i>Composição corporal e determinação da energia retida.....</i>	<i>23</i>
<i>3.2.6</i>	<i>Determinação das exigências de energia para ganho de peso.....</i>	<i>24</i>
<i>3.2.7</i>	<i>Determinação das exigências de proteína para ganho de peso</i>	<i>25</i>
<i>3.2.8</i>	<i>Análise estatística.....</i>	<i>26</i>
3.3	Resultados.....	26
3.4	Discussão.....	25
3.5	Conclusão	27
	REFERÊNCIAS.....	28

1 INTRODUÇÃO GERAL

Os maiores rebanhos brasileiros de caprinos e ovinos concentram-se nas regiões Nordeste e Centro-Oeste, totalizando aproximadamente 21 milhões de ovinos e 12 milhões de caprinos (IBGE, 2023). Nessas regiões, é comum a criação conjunta de ambas as espécies em uma mesma unidade produtiva, o que favorece a logística do manejo alimentar. No entanto, ainda não está completamente esclarecido se as diferenças de hábitos alimentares e de padrões de deposição tecidual entre caprinos e ovinos implicam em distintas exigências nutricionais entre essas espécies.

O conhecimento preciso das exigências nutricionais é fundamental para a formulação de dietas adequadas (Mendes *et al.*, 2021), permitindo o monitoramento e o ajuste do manejo alimentar (Teixeira *et al.*, 2019), além de contribuir para a redução dos custos produtivos e do impacto ambiental associado à produção animal. A determinação dessas exigências é essencial, uma vez que a nutrição representa um dos principais pilares da produção animal, além de ser o componente de maior custo em sistemas intensivos (Valadares Filho; Chizzotti; Paulino, 2009).

Apesar dos avanços científicos nas últimas décadas, com diversos estudos voltados à determinação das exigências nutricionais de pequenos ruminantes em regiões tropicais, as formulações de dietas ainda se baseiam, em grande parte, nas recomendações de comitês internacionais, como o NRC (National Research Council, EUA), o AFRC (Agricultural and Food Research Council, Reino Unido), o INRA (Institut National de la Recherche Agronomique, França) e o CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Austrália). Esses sistemas foram elaborados com dados obtidos em regiões de clima temperado, utilizando raças adaptadas a essas condições. A adoção desses valores em sistemas tropicais pode não refletir adequadamente as necessidades dos animais criados no Brasil, levando ao fornecimento inadequado de nutrientes, com impactos negativos na produtividade ou no custo da produção (Teixeira *et al.*, 2019). Essas discrepâncias devem-se, principalmente, às diferenças genéticas entre raças e às condições ambientais tropicais (BR CAPRINOS & OVINOS, 2024).

Além da quantificação das exigências nutricionais, torna-se essencial a avaliação das eficiências de utilização da energia e dos nutrientes para manutenção e deposição tecidual. Essas eficiências podem variar conforme fatores como a condição alimentar, a idade dos animais e a composição do ganho (Pereira *et al.*, 2016), podendo ainda ser distintas entre caprinos e ovinos criados sob condições tropicais, embora as informações disponíveis a esse

respeito ainda sejam limitadas.

Diante disso, a hipótese deste estudo é que as exigências de energia e proteína para ganho de peso diferem entre caprinos da raça Boer e ovinos da raça Santa Inês, dado que se trata de espécies distintas, com características fisiológicas e metabólicas próprias. Assim, o objetivo deste trabalho foi determinar as exigências nutricionais de energia e proteína para o ganho de peso corporal em machos inteiros de ovinos da raça Santa Inês e caprinos da raça Boer.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Métodos para estimar as exigências nutricionais

Os principais métodos utilizados para estimar os requerimentos nutricionais são: o abate comparativo, a calorimetria e os experimentos de alimentação de longo prazo. O método do abate comparativo consiste basicamente em determinar os componentes químicos (água, proteína, gordura e minerais) dos corpos de animais abatidos em diferentes períodos, sendo um grupo de animais abatido no início de um período experimental pré-determinado e outro grupo abatido no final do período experimental (Garrett; Meyer; Lofgreen, 1959). Dessa forma, a retenção dos nutrientes é calculada por diferença, por exemplo, a proteína retida é obtida a partir da diferença entre o conteúdo corporal de proteína do animal abatido no final do período experimental e o conteúdo corporal de proteína do animal abatido no início do período experimental. Assim, a partir das informações sobre a quantidade de proteína retida no corpo do animal e o seu consumo de proteína, é possível estimar as exigências proteicas do animal. De acordo com o NASEM (2016), o abate comparativo é vantajoso frente aos métodos calorimétricos por refletir melhor as condições práticas da pecuária de corte. Contudo, o Sistema recomenda que esses ensaios tenham longa duração para uma avaliação precisa das variações na energia corporal (NRC, 1996).

O método calorimétrico, por sua vez, consiste em quantificar o calor despendido pelo animal por meio da calorimetria direta ou indireta. Na calorimetria direta, o animal fica isolado em uma câmara e a sua produção de calor (PCI) é determinada a partir do aumento na temperatura da água que circula nas tubulações da câmara ou por meio da corrente elétrica gerada quando o calor atravessa os pares termoeletricos da câmara (Blaxter; Martin, 1962). Na calorimetria indireta, o animal fica isolado em uma câmara e a sua PCI é determinada a partir do quociente respiratório (razão entre o oxigênio consumido e o gás carbônico produzido), partindo do pressuposto que a PCI é decorrente da oxidação de compostos orgânicos. Nesse cálculo, devem ser consideradas ainda as perdas de calor decorrentes da oxidação incompleta das proteínas e da fermentação anaeróbica (Resende *et al.*, 2006). Vale destacar que, no método calorimétrico, os animais são alimentados em nível de manutenção.

É importante observar que, no método do abate comparativo, as variáveis CEM e energia retida (ER) são mensuradas diretamente e a PCI é obtida por diferença, ao passo que, no método calorimétrico, as variáveis CEM e PCI são mensuradas diretamente e a ER é obtida por diferença (NRC, 2000). Dessa forma, o método calorimétrico torna-se mais preciso na

determinação da exigência de ELM, uma vez que a PCI é mensurada diretamente e não estimada.

O método de alimentação de longo prazo consiste basicamente em determinar a quantidade de alimento necessária para manter o PC do animal (Taylor *et al.*, 1981; Taylor *et al.*, 1986). Diante do exposto, é possível observar que os métodos mencionados para determinar as exigências nutricionais apresentam suas vantagens e desvantagens. Assim, a técnica do abate comparativo, embora laboriosa, parece ser a mais indicada para os estudos de exigências nutricionais, pois, além de ser conduzida em condições semelhantes aos dos sistemas de produção, permite a medida direta da ER no corpo do animal e não requer o uso de equipamentos (calorímetro ou câmaras respirométricas).

2.2 Fatores que influenciam as exigências nutricionais

Os requerimentos nutricionais (energia, proteína, minerais e vitaminas) variam em função de muitos fatores. Por exemplo, quando o animal consome dietas de baixa densidade energética e/ou alta concentração de fibra, ocorrerá uma maior produção de calor durante o processo de digestão (gasto energético) decorrente do aumento do trabalho físico intestinal (Salah *et al.*, 2014), o que implica no aumento da exigência de energia. Vale ressaltar que a atividade metabólica dos órgãos viscerais constitui a maior proporção do gasto energético total do animal (contribuindo com até 50%), embora esses tecidos representem menos de 10% da massa corpórea (Ferrell, 1988). A ingestão de dietas com alta concentração de fibra resulta, ainda, no aumento da exigência de proteína devido à menor retenção de nitrogênio (Salah *et al.*, 2014), além do aumento na descamação do epitélio do trato digestivo, elevando as perdas de proteína nas fezes.

A espécie é outro fator responsável pela variação nos requerimentos nutricionais. O AFRC (1993) recomenda valores de exigência de ELM (sem ajustes para atividade) de 0,145 Mcal/Peso corporal em jejum (PCJ)^{0,67}, 0,069 Mcal/PCJ^{0,75} e 0,075 Mcal/Peso corporal (PC)^{0,75}, para bovinos, ovinos e caprinos, respectivamente. Entretanto, essa diferença entre espécies pode estar relacionada à escolha do expoente da variável PC. Salah *et al.* (2014) relataram que, quando a exigência de energia metabolizável para manutenção (EMm) será expressa na base de PC^{0,75}, os bovinos apresentaram uma exigência significativamente maior em relação aos pequenos ruminantes. Por outro lado, quando a EMm será expressa na base de PCI, os pequenos ruminantes apresentaram uma maior exigência em relação aos bovinos e, quando expressa na base de PC^{0,86}, não houve diferença entre as espécies.

Alguns sistemas de alimentação deliberadamente propõem exigências para animais ruminantes de maneira conjunta, contemplando ou não ajustes para espécie (CSIRO, 2007; INRA, 2018), outros, por sua vez, propõem as exigências específicas para cada espécie animal (NASEM, 2016). Comparados à espécie ovina, os caprinos são mais seletivos e apresentam maior eficiência de colheita, o que leva a um consumo de matéria seca diferenciado, uma vez que ingerem alimento de maior qualidade e apresentam maiores taxas de passagem do alimento, o que os permite aproveitar, principalmente, o conteúdo celular das forragens (Van Soest, 1994).

No que diz respeito à classe sexual, o NRC (2000) relata que a exigência de ELM de machos inteiros é 15% maior que a de machos castrados e fêmeas do mesmo genótipo. O AFRC (1993) também faz ajustes na exigência de ELM de acordo com a classe sexual, sendo propostos os fatores de correção de 1,15 para machos inteiros e 1,0 para fêmeas e machos castrados, tanto para bovinos quanto para ovinos. O sistema CNCPS-S, cujas equações são adotadas pelo NRC (2007), propõe os mesmos valores de correção indicados acima para ovinos.

Sabe-se que a raça tem grande influência sobre as exigências nutricionais. As raças para corte *Bos indicus*, de modo geral, apresentam exigências de ELM 10% menores que raças para corte *Bos taurus*. As raças leiteiras ou de dupla aptidão, por sua vez, apresentam exigências de ELM 20% maiores que raças para corte (NRC, 2000). Parte dessas diferenças deve-se ao tamanho dos órgãos, o qual varia com os genótipos (Ferrell, 1988; Resende *et al.*, 2008). Além disso, Ferrell e Jenkins (1998), em um estudo com novilhos das raças Angus, Boran, Brahman, Hereford e Tuli, concluíram que existem diferenças entre raças para as variáveis: peso corporal, composição corporal, exigência para manutenção, composição do ganho e eficiência de uso da EM para ganho de peso. Como mencionado anteriormente, a composição do ganho de peso está diretamente relacionada à exigência de ganho.

Com relação à idade, acredita-se que a exigência de ELM decresça à medida que os animais envelheçam (NRC, 2007). Cannas *et al.* (2004) fizeram ajustes na exigência de ELM, de acordo com a idade, a partir da seguinte expressão exponencial: $\exp^{(-0,03 \times \text{idade})}$, onde a idade é representada em anos. Dessa forma, a exigência de ELM decresce de 0,062 Mcal/PC^{0,75} para 0,052 Mcal/PC^{0,75}, quando o animal tem idade entre 0 e 6 anos.

Outro importante fator que exerce efeito sobre os requerimentos nutricionais é o ambiente. Ovinos da raça Corriedale, quando expostos a ambientes com temperaturas elevadas, apresentam menor secreção dos hormônios tireoideanos, os quais têm relação direta com o metabolismo do organismo (Guyton, 1996; Starling *et al.*, 2005), resultando em menor

exigência energética quando comparada à de animais expostos a ambientes frios (NRC, 2000). É importante salientar que, as mudanças adaptativas em resposta às mudanças climáticas, incluindo alterações comportamentais e fisiológicas, denominadas de aclimação (NRC, 2000), contribuem com a variação observada nas exigências de ELM entre animais de clima tropical e temperado. Vale destacar ainda que os animais diferem muito nas suas respostas comportamentais e fisiológicas para se adaptarem a um ambiente específico (NRC, 2007).

2.3 Exigência nutricional para ganho

A energia líquida para ganho corresponde ao conteúdo de energia do tecido depositado no corpo vazio, que varia em função da proporção de proteína e gordura depositada (NRC, 2000). A proteína líquida para ganho, por sua vez, corresponde ao conteúdo de proteína na matéria seca livre de gordura depositado no corpo vazio, que pode variar em função da espécie, classe sexual, genótipo e ganho médio diário (GMD) dos animais. Dessa forma, fica claro que a composição do corpo vazio é um fator determinante sobre as exigências nutricionais e a variação na proporção dos tecidos depositados no ganho explica as diferenças observadas entre machos e fêmeas e animais tardios e precoces. Conforme Geay (1984), animais de genótipos precoces frequentemente apresentam menores exigências de proteína líquida quando comparados a animais de genótipos tardios.

De acordo com o NRC (2007), para calcular as exigências nutricionais para ganho, é necessário conhecer a composição dos tecidos ganho, a eficiência de uso dos nutrientes e a taxa de ganho de peso. A composição do ganho tem relação direta com a eficiência de uso da energia metabolizável (EM) para ganho (kg), visto que a eficiência de uso da EM para deposição de proteína (k_{prot}) varia de 10 a 40%, enquanto a eficiência de uso da EM para deposição de gordura (k_{gord}) varia de 60 a 80% (Garrett, 1980). Assim, quando a maior proporção de tecido depositado no ganho é na forma de proteína, os animais costumam apresentar maiores requerimentos energéticos para ganho devido à menor eficiência de uso da EM para deposição de proteína.

3 EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE ENERGIA E PROTEÍNA PARA GANHO DE PESO EM OVINOS E CAPRINOS

RESUMO

Objetivou-se com esse estudo determinar as exigências de energia e proteína para ganho de peso de ovinos da raça Santa Inês e caprinos da raça Boer. Para isso foram utilizados 30 animais, sendo 15 ovinos machos Santa Inês e 15 caprinos machos Boer com o peso corporal médio inicial de $24 \text{ kg} \pm 3,5$. No dia um (01) do ensaio experimental, de acordo com a metodologia do abate comparativo, foram abatidos seis animais – 3 animais de cada espécie –, sendo selecionados aleatoriamente e abatidos para serem utilizados como grupo referência para a estimativa do peso de corpo vazio inicial (PCVZi) e da composição corporal inicial (CCi). Os 24 animais remanescentes foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3×2 com três níveis alimentares (*ad libitum*, 30 e 60% de restrição alimentar) e duas espécies. No final do período experimental aos 180 dias, os animais remanescentes também foram abatidos. Os requerimentos de energia líquida para ganho (ELg Mcal/dia) foram estimados por meio da regressão da energia retida (ER) em função do peso de corpo vazio metabólico ($\text{PCVZ}^{0,75}$) e do ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ). Não foi observado efeito significativo da espécie ($P > 0,9309$), sendo obtida uma equação única para ambas as espécies: $\text{ELg (Mcal/dia)} = 0,213 (\pm 0,06523) \times \text{PCVZ}^{0,75} \times \text{GPVCZ}^{0,8874 (\pm 0,05648)}$. A exigência de proteína líquida para ganho (PLg g/dia) foi determinada com base na equação logarítmica: $\text{Log Proteína: } 2,19 (\pm 0,069) + 0,985 (\pm 0,046) \times \text{Log PCVZ}$, também sem efeito significativo da espécie ($P > 0,1614$), permitindo a estimativa da PLg (g/dia) por meio de uma única equação geral para caprinos e ovinos. A partir da equação de ELg (Mcal/dia) gerada neste estudo, ovinos e caprinos machos inteiro variando de 10 kg a 40 kg de PC e um GMD de 0,100 kg/dia obtiveram o mesmo valor e ELg de 0,092 Mcal/dia e 0,318 Mcal/dia, respectivamente. Com base na equação de PLg, a exigência de proteína líquida para ganho variou de 12,89 a 24,84 g/dia para ovinos e de 13,93 a 25,85 g/dia para caprinos, considerando pesos de 10 a 40 kg e GMD de 0,100 a 0,200 kg/dia, respectivamente. Dessa forma, as exigências de energia e proteína para ganho de peso não diferiram para as duas espécies.

Palavras-chave: abate comparativo; energia líquida; proteína líquida.

NUTRITIONAL REQUIREMENTS OF ENERGY AND PROTEIN FOR WEIGHT GAIN IN SHEEP AND GOATS

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the energy and protein requirements for weight gain of Santa Inês sheep and Boer goats. Thirty animals were used, consisting of 15 male Santa Inês sheep and 15 male Boer goats, with an average initial body weight of $24 \text{ kg} \pm 3.5 \text{ kg}$. On the first day of the experimental trial, according to the comparative slaughter methodology, six animals were randomly selected from each species and slaughtered to serve as a reference group for estimating initial empty body weight (EBW) and initial body composition (BC). The remaining 24 animals were distributed in a randomized design in a 3×2 factorial arrangement with three dietary levels (*ad libitum*, 30% and 60% feed restriction) and two species. At the end of the experimental period, which lasted 180 days, the remaining animals were also slaughtered. The net energy requirements for gain (NEg Mcal/day) were estimated by regression of retained energy against metabolic empty body weight ($\text{EBW}^{0.75}$) and empty body weight gain (EBWG). No significant effect of species ($P > 0.9309$) was observed, obtaining a single equation for both species: $\text{NEg (Mcal/day)} = 0.213_{(\pm 0.06523)} \times \text{EBW}^{0.75} \times \text{EBW}^{0.8874_{(\pm 0.05648)}}$. The net protein requirement for gain (NPg g/day) was determined based on the logarithmic equation: $\text{Log Protein: } 2.19_{(\pm 0.069)} + 0.985_{(\pm 0.046)} \times \text{Log EBW}$, also with no significant effect of species ($P > 0.1614$), allowing the estimation of NPg (g/day) through a single general equation for goats and sheep. From the NEg (Mcal/day) equation generated in this study, entire male sheep and goats ranging from 10 kg to 40 kg BW and an ADG of 0.100 kg/day obtained the same values of 0.092 Mcal/day and 0.318 Mcal/day, respectively. Based on the NPg equation, the net protein requirement for gain ranged from 12.89 to 24.84 g/day for sheep and from 13.93 to 25.85 g/day for goats, considering weights from 10 to 40 kg and ADG of 0.100 to 0.200 kg/day, respectively. Therefore, the energy and protein requirements for weight gain did not differ for the two species.

Keywords: comparative slaughter; net energy; net protein.

3.1 Introdução

Na ovinocultura e caprinocultura de corte a alimentação tem grande impacto sobre os custos de produção. Os nutrientes requeridos pelos animais têm sido extensivamente pesquisados, e diversos sistemas de alimentação já foram desenvolvidos, considerando as peculiaridades de cada sistema de produção (Resende *et al.*, 2008). Por muito tempo as dietas foram formuladas com base em recomendações de Comitês Internacionais elaboradas sob condições ambientais e genéticas distintas das observadas em regiões tropicais e semiáridas (AFRC, 1993; NRC, 2007; CSIRO, 2007), sendo tais recomendações inadequadas para ovinos e caprinos nessas regiões (Oliveira *et al.*, 2018; Herbster *et al.*, 2024).

O uso de modelos preditivos mais ajustados às condições locais contribui para maior eficiência produtiva e econômica. Assim, pesquisas direcionadas à nutrição animal tornam-se necessárias para gerar tecnologias que minimizem os custos com nutrição. Tecnologias a serem adotadas no Brasil devem respeitar suas características, em que a composição do rebanho, os alimentos disponíveis e o clima são típicos e únicos de ambientes tropicais (Resende *et al.*, 2008).

O requerimento de energia líquida para ganho corresponde à quantidade de energia efetivamente depositada nos tecidos corporais, sendo influenciado pelas proporções de gordura e proteína no ganho de peso de corpo vazio (NASEM, 2016). A energia metabolizável (EM), por sua vez, representa a fração da energia disponível para os processos metabólicos de anabolismo e catabolismo, sendo o saldo positivo resultante da diferença entre a energia bruta (EB), ou seja, a energia total contida em um alimento, determinada pela sua oxidação completa em bomba calorimétrica, e as perdas energéticas nas fezes, urina e gases (Weiss; Tebbe, 2019; BR-CAPRINOS & OVINOS, 2024).

As exigências de proteína são normalmente expressas em termos de proteína metabolizável (PM, g) que, segundo Valadares Filho e Oliveira (2010), representa o somatório da proteína microbiana sintetizada no rúmen, da proteína não degradável no rúmen de origem dietética e da proteína endógena proveniente da descamação do epitélio do trato gastrointestinal. A proteína líquida total, por sua vez, divide-se em: proteína líquida para manutenção (PLm) e proteína líquida para ganho (PLg), sendo essa dependente do conteúdo de matéria seca livre de gordura no ganho, as quais variam em função da raça, espécie, classe sexual e taxa de ganho de peso (Paulino *et al.*, 2009).

Diante disso, a hipótese deste estudo é que as exigências de energia e proteína para ganho de peso diferem entre caprinos da raça Boer e ovinos da raça Santa Inês, dado que

se trata de espécies distintas, com características fisiológicas e metabólicas próprias. Assim, com esse estudo, objetivou-se determinar as exigências de energia e proteína para ganho de peso de ovinos da raça Santa Inês e caprinos da raça Boer.

3.2 Material e Métodos

3.2.1 Declaração de ética

Todos os procedimentos realizados com os animais seguiram as diretrizes do Comitê de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Brasil, número do protocolo (Nº 2611202101).

3.2.2 Animais, Instalações e procedimentos experimentais

O procedimento experimental foi realizado no setor de Digestibilidade da Universidade Federal do Ceará, em Fortaleza, CE, Brasil. Foram utilizados 30 animais, sendo 15 ovinos machos Santa Inês e 15 caprinos machos Boer com o peso corporal (PC) médio inicial de $24 \text{ kg} \pm 3,5$. Inicialmente, os animais foram identificados com brincos numerados, pesados, vermifugados (Dectomax®) e vacinados contra clostridiose, além de ser fornecidos complexos vitamínicos comerciais (Potenay® e ADE) para todos os animais.

Após um período de adaptação de 30 dias, para determinação da composição corporal, de acordo com a metodologia do abate comparativo, o primeiro dia experimental teve início com seis animais (3 animais de cada espécie), sendo selecionados aleatoriamente e abatidos para serem utilizados como grupo referência para a estimativa do peso de corpo vazio inicial (PCVZi) e da composição corporal inicial (CCi) (Tabela 1). Os animais remanescentes foram alocados em baias individuais com piso de concreto (1,5 m x 1,5 m) providas de comedouros e bebedouros, sendo a água ofertada a vontade para todos os animais. O delineamento experimental utilizado foi um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x2, onde havia três níveis alimentares: *ad libitum*, restrição de 30% e 60% em relação ao consumo *ad libitum*, com base na matéria seca da dieta e as duas espécies.

Tabela 1 – Composição corporal e componentes do corpo vazio (g/kg PCVZ) dos animais referência

Itens	Espécie			
	Ovino		Caprino	
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
Peso corporal (kg)	23,233	6,789	25,900	6,397
Peso de corpo em jejum (kg)	21,800	6,359	23,917	6,325
Peso de corpo vazio (kg)	16,490	5,565	16,877	4,206
Extrato etéreo (g/kg PCVZ)	304,40	115,04	256,10	113,76
Proteína bruta (g/kg PCVZ)	523,60	80,40	549,40	64,18
Matéria mineral (g/kg PCVZ)	131,60	20,90	126,20	33,22
Água (g/kg PCVZ)	669,10	48,48	679,20	22,77
Energia (Mcal/kg PCVZ)	1,781	0,334	1,950	0,503
Sangue (g/kg PCVZ)	62,847	17,299	54,100	7,179
Couro (g/kg PCVZ)	92,040	5,823	104,999	4,566
Cabeça (g/kg PCVZ)	66,433	9,159	71,921	2,072
Coração (g/kg PCVZ)	6,519	0,706	5,641	0,443
Sistema respiratório (g/kg PCVZ)	29,204	4,461	23,662	1,465
Baço (g/kg PCVZ)	2,386	0,700	1,481	0,079
Rins + Adrenais (g/kg PCVZ)	3,727	0,574	3,739	0,640
Fígado (g/kg PCVZ)	16,563	0,786	19,961	2,097
Pâncreas (g/kg PCVZ)	2,029	0,283	2,063	0,541
Rúmen + retículo (g/kg PCVZ)	31,899	2,718	35,349	5,575
Omaso (g/kg PCVZ)	3,442	0,568	3,944	0,246
Abomaso (g/kg PCVZ)	7,293	1,890	8,608	2,000
Intestino delgado (g/kg PCVZ)	23,214	6,528	21,694	3,654
Intestino grosso (g/kg PCVZ)	17,342	2,419	21,377	11,670
Gordura visceral (g/kg PCVZ)	20,285	10,676	14,905	7,316

PCVZ = Peso de corpo vazio.

Fonte: Dados da pesquisa.

A dieta experimental foi formulada de acordo com as recomendações do BR-CAPRINOS & OVINOS (2024), sendo uma única ração concentrada formulada para ambas as espécies, a fim de fornecer 14% de proteína bruta e promover um ganho de 200 gramas por dia para os animais *ad libitum*. A relação de volumoso: concentrado foi de 61,46:38,58 sendo composta de feno de capim Tifton-85, milho grão moído, farelo de soja, fosfato bicálcico e

calcário calcítico (Tabela 2). Os animais foram alimentados duas vezes ao dia às 08:00 e 16:00 h, com o consumo *ad libitum* como mistura total, permitindo até 20% das sobras. Amostras dos ingredientes, da ração concentrada e das sobras foram obtidas uma semana antes do término do período experimental no período de coleta, o qual teve duração de quatro dias consecutivos. As amostras fecais individuais foram coletadas por meio do método de coleta total, com o auxílio de bolsas coletoras, durante um intervalo de 72 horas, permitindo a quantificação direta da produção fecal de cada animal. A coleta total de urina foi realizada com o auxílio de coletores plásticos adaptados ao corpo dos animais por 24 horas, posteriormente às coletas de fezes, obtendo-se volume urinário de forma direta por meio de bureta graduada. Essas amostras foram acondicionadas em sacos e garrafas plásticos e armazenadas a -20 °C até a realização das análises químicas.

Tabela 2 – Proporção dos ingredientes (%) e composição química (g/kg de MS) da ração total

Ingredientes	% RTM			
Feno Tifton – 85	61,46			
Farelo de soja	16,45			
Milho grão moído	20,79			
Fosfato bicálcico	0,81			
Calcário calcítico	0,53			

Composição química (g/kg MS)	RTM	Feno Tifton 85	Milho grão moído	Farelo de soja
MS	899,7	905,8	908,7	928,5
PB	161,0	100,1	86,5	495,3
EE	29,3	24,3	43,4	32,5
MM	80,9	85,5	14,0	73,5
MO	919,5	914,5	986,0	926,5
FDN	527,9	767,7	138,5	165,7
FDNcp	497,2	720,6	137,0	157,2
FDA	262,6	385,2	35,2	112,4
CHOT	729,2	790,1	856,1	398,7
CNF	231,9	69,5	719,1	241,5
NDT	669,5	-	-	-

RTM = ração totalmente misturada; MS = matéria seca; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; MM = matéria mineral; MO = matéria orgânica; FDN = fibra insolúvel em detergente neutro; FDNcp = fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas; FDA = fibra insolúvel em detergente ácido; CHOT = carboidratos totais; CNF = carboidratos não fibrosos; NDT = nutrientes digestíveis totais.

Fonte: Dados da pesquisa.

3.2.3 Procedimentos de abate e amostragens de componentes corporais

Os animais foram submetidos a pesagens quinzenais para o monitoramento do peso corporal (PC) ao longo de todo o período experimental, que teve duração de 180 dias. Ao término desse período, foi adotado um escalonamento para o abate, sendo abatidos seis animais por dia. Os mesmos procedimentos de abate foram adotados tanto para os animais do grupo referência quanto para os animais do grupo desempenho.

Antes do abate, os animais foram pesados e submetidos ao jejum de sólidos e líquidos por 18 horas, onde foram pesados novamente para a obtenção do peso corporal em jejum (PCJ). Em seguida, os animais foram insensibilizados por meio de concussão cerebral, com pistola de dardo cativo. Posteriormente, o animal foi suspenso e realizado um corte na veia jugular e artéria carótida para coleta do sangue, compondo os componentes não carcaça. Subsequentemente, realizou-se a esfolagem e evisceração.

O trato gastrointestinal (TGI) foi retirado, separado, pesado cheio, esvaziado, lavado, escorrido e pesado, para que fosse determinado o PCVZ, juntamente com o peso dos órgãos e demais componentes do corpo (carcaça, cabeça, patas, sangue e couro). Os componentes não carcaça de cada animal, que inclui os órgãos (sistema reprodutor, língua + traqueia + esôfago + pulmão + diafragma, fígado, coração, rins, baço, bexiga, vesícula biliar, rúmen + retículo, omaso, abomaso, intestino delgado e grosso, gordura omental, perirrenal, mesentérica e do coração) mais a cabeça + chifres, patas, sangue foram pesados, identificados e armazenados em freezer a -10 °C. O couro foi cortado em tiras, pesado e armazenado separadamente dos demais componentes não carcaça. A carcaça de cada animal foi pesada ainda quente, resfriada por 24 horas a 4 °C e, posteriormente, novamente pesada. Em seguida, foi seccionada longitudinalmente ao longo da linha média dorsal, originando duas metacarcaças (direita e esquerda). A metacarcaça direita foi destinada à determinação da composição química, juntamente com os componentes não carcaça e o couro.

A metacarcaça direita, os constituintes não carcaça e o couro foram cortados separadamente com o auxílio de uma serra de fita, moídos também separadamente em *cutter* industrial e homogeneizados. Após a homogeneização, uma amostra representativa de aproximadamente 500 g de cada componente foi coletada e armazenada em freezer a -20 °C para posterior análise. O peso de corpo vazio (PCVZ) foi obtido subtraindo-se do peso corporal de jejum (PCJ) o conteúdo do trato gastrointestinal, da bexiga e da vesícula biliar.

3.2.4 Análises químicas

Amostras de alimentos, sobras e fezes foram pré-secas a 55°C durante 72 horas em estufa de ventilação forçada e em seguida moídas em moinho de facas com peneira de 1 mm (Moinho tipo *Wiley*, Arthur H. Thomas, Philadelphia, PA, EUA). As amostras foram analisadas quanto à concentração de MS (AOAC, 1990; método 967,03), matéria mineral (AOAC, 1990; método 942,05), PB (AOAC, 1990; método 981,10) e extrato etéreo (AOAC, 1990; método 920,39). O conteúdo de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) foi determinado de acordo com Van Soest, Robertson e Lewis (1991) com alfa-amilase termoestável, sem sulfito de sódio, e corrigida para cinzas (Mertens *et al.*, 2002) e proteínas (Licitra; Hernandez; Van Soest, 1996). Os conteúdos de nutrientes digestíveis totais (NDT) e os carboidratos não-fibrosos (CNF) foram calculados a partir de equação adaptada de Weiss (1999), onde: $CNF (\%) = 100 - (\%FDN_{cp} + \%PB + \%EE + \%MM)$ e o teor de carboidratos totais (CT) foi calculado utilizando a expressão: $CT (\%) = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$, segundo Sniffen *et al.* (1992).

A meia-carcaça direita, os constituintes não carcaça e o couro foram submetidos à pré-secagem em estufa com ventilação forçada a 55 °C até atingir peso constante. Em seguida, foram desengorduradas com solvente orgânico em aparelho *Soxhlet* (AOAC, 1990; método 920,39), durante 12 h (Pereira *et al.*, 2017). Posterior à extração, as amostras foram processadas em moinho de bola e analisadas quanto aos teores de matéria seca (AOAC, 1990; método 967,03), proteína bruta (AOAC, 1990; método 984,13) e de cinzas (AOAC, 1990; método 924,05).

3.2.5 Composição corporal e determinação da energia retida

A determinação dos teores de água, gordura e proteína do corpo vazio foi realizada com base na proporcionalidade e na composição química individual dos seus componentes (carcaça, couro e constituintes não carcaça), previamente analisados separadamente. Os valores obtidos foram somados, de modo a representar 100% da composição do PCVZ.

Os conteúdos corporais de gordura (CCG, kg), proteína (CCP, kg) e energia (CCE, Mcal) foram determinados em função de suas concentrações percentuais no corpo vazio dos animais. A estimativa do CCE foi obtida conforme a equação preconizada pelo ARC (1980):

$$CCE(Mcal) = (5,6405 \times CCP) + (9,3929 \times CCG) \quad (1)$$

onde CCE = conteúdo corporal de energia (Mcal) CCP = conteúdo corporal de proteína (kg); e CCG = conteúdo corporal de gordura (kg). A energia retida foi determinada pela diferença entre o conteúdo corporal de energia final e inicial.

A determinação do peso corporal em jejum (PCJ), do peso de corpo vazio (PCVZ) e do ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ) foi realizada por meio da regressão entre o peso corporal (PC) e o ganho médio diário (GMD), respectivamente:

$$PCJ = \beta_0 + \beta_1 \times PC \quad (2)$$

$$PCVZ = \beta_0 + \beta_1 \times PCJ \quad (3)$$

$$GPCVZ = \beta_0 + \beta_1 \times GMD \quad (4)$$

em que PCJ (kg) é o peso corporal em jejum, PCVZ (kg) é o peso de corpo vazio, PC (kg) é o peso corporal, GPCVZ (kg) é o ganho de peso de corpo vazio, GMD (kg) é o ganho médio diário e β_0 e β_1 são os coeficientes da regressão linear.

3.2.6 Determinação das exigências de energia para ganho de peso

Para determinação da exigência de energia para ganho de peso (ELg) foi estimado conforme a equação sugerida pelo NRC (1984):

$$ELg \text{ (Mcal/dia)} = \beta_0 \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^{\beta_1} \quad (5)$$

em que ELg é a exigência de energia líquida para o ganho (Mcal/ dia), $PCVZ^{0,75}$ é o peso de corpo vazio metabólico e GPCVZ é o ganho de peso de corpo vazio (kg/dia), e β_0 e β_1 são parâmetros determinados a partir da regressão linear.

Para a determinação da eficiência de utilização de energia metabolizável para ganho de peso (k_g), foi adotada a equação proposta pelo BR-CAPRINOS & OVINOS (2024):

$$k_g = 17 / (21 + ERp \text{ (Mcal)} \times 60) \quad (6)$$

em que ERp é a energia retida na forma de proteína (Mcal).

Para determinação da energia retida como proteína para ganho (Erp) e para determinação da energia metabolizável para ganho de peso (EMg) foram utilizadas as equações propostas pelo BR CAPRINOS & OVINOS (2024):

$$Erp \text{ (Mcal)} = (PLg \text{ (kg/kg de ganho)} \times 5,686) / Elg \text{ (Mcal/kg de ganho)} \quad (7)$$

em que Erp (Mcal) é a energia retida como proteína, PLg é a proteína líquida para ganho de

peso (kg/kg PC ganho), 5,686 é o valor energético da proteína, ELg é a energia líquida para ganho de peso (Mcal/kg ganho):

$$EMg \text{ (Mcal/dia)} = ELg \text{ (Mcal/dia)} / k_g \quad (8)$$

em que EMg é a energia metabolizável para ganho de peso (Mcal/dia), ELg é a energia líquida para ganho de peso (Mcal/dia) e k_g é a eficiência de utilização da energia metabolizável para ganho de peso.

3.2.7 Determinação das exigências de proteína para ganho de peso

Para a determinação da exigência de proteína líquida para ganho (PLg g/dia) foi utilizada a equação preconizada alométrica logaritmizada, proposto pelo ARC (1980):

$$\text{Log } Y = a + b \text{ Log } X + e \quad (9)$$

em que: Log y = logaritmo na base 10 do conteúdo total de proteína (g) no corpo vazio; a = intercepto; b = coeficiente de regressão do conteúdo do constituinte em função do peso de corpo vazio; log x = logaritmo do peso de corpo vazio (kg), e = erro aleatório associado a cada observação. A exigência de proteína líquida para ganho de peso de corpo vazio foi estimada derivando-se a equação do conteúdo corporal deste constituinte, em função do logaritmo do PCVZ, obtendo-se uma equação do tipo:

$$Y = b \times 10^a \times X^{(b-1)} \quad (10)$$

em que: Y = exigência líquida de proteína (g) para ganho de PCVZ; a = intercepto da equação de predição do conteúdo corporal de proteína; b = coeficiente de regressão da equação do conteúdo corporal de proteína e X = PCVZ (kg).

Para a determinação da eficiência de utilização da proteína metabolizável para ganho de peso (k_{pg}), foram adotados os valores de 0,25 para ovinos e 0,55 para caprinos, conforme recomendado pelo BR-CAPRINOS & OVINOS (2024). A exigência de proteína metabolizável para ganho de peso (PMg g/dia) foi estimada pela razão entre a proteína líquida para ganho (PLg g/dia) e a eficiência de utilização da proteína metabolizável (k_{pg}).

3.2.8 Análise estatística

O efeito da restrição alimentar e espécie nos parâmetros de desempenho e composição corporal foi mensurado utilizando o PROC GLM no software SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC, EUA), adotando nível de significância de 0,05, seguindo o seguinte modelo estatístico:

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

em que: μ é a média geral, S_i o efeito da espécie (ovino ou caprino), R_j efeito das restrições alimentares (*ad libitum*, restrição alimentar de 30% ou 60%), SR_{ij} efeito da interação entre espécie e restrições alimentares, e e_{ij} o erro aleatório.

O teste de Tukey foi utilizado para comparações, considerando $P < 0,05$ para determinar a significância estatística entre as médias dos tratamentos. Os modelos lineares foram ajustados utilizando o procedimento PROC MIXED, e os modelos não lineares foram ajustados com o PROC NLMIXED. O método dos Mínimos Quadrados Ordinários foi empregado para os modelos lineares, enquanto os modelos não lineares foram ajustados utilizando o algoritmo de Gauss-Newton. Em todos os modelos, o efeito da espécie foi examinado em ambos os parâmetros, β_0 e β_1 . A significância estatística foi determinada em $P < 0,05$.

3.3 Resultados

A espécie e os níveis alimentares influenciaram significativamente ($P < 0,05$) o peso corporal (PC), peso corporal em jejum (PCJ), peso de corpo vazio (PCVZ), ganho médio diário (GMD), ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ), bem como os teores de gordura e água (Tabela 3). O efeito da espécie não influenciou significativamente a relação entre o PCJ e o PC ($P > 0,5096$), assim como não afetou significativamente a regressão linear entre o peso de corpo vazio (PCVZ) em função do PCJ ($P > 0,2236$) (Figura 1). Dessa forma, foi gerada uma equação para cada variável sem distinção de espécie.

$$PCJ_{\text{caprino/ovino}} = 0,5929 (\pm 0,5759) + 0,9224 (\pm 0,013) \times PC \quad R^2 = 0,99 \quad RMSE = 0,700 \quad (11)$$

$$PCVZ_{\text{caprino/ovino}} = -2,9571 (\pm 1,2155) + 0,9060 (\pm 0,030) \times PCJ \quad R^2 = 0,97 \quad RMSE = 1,40 \quad (12)$$

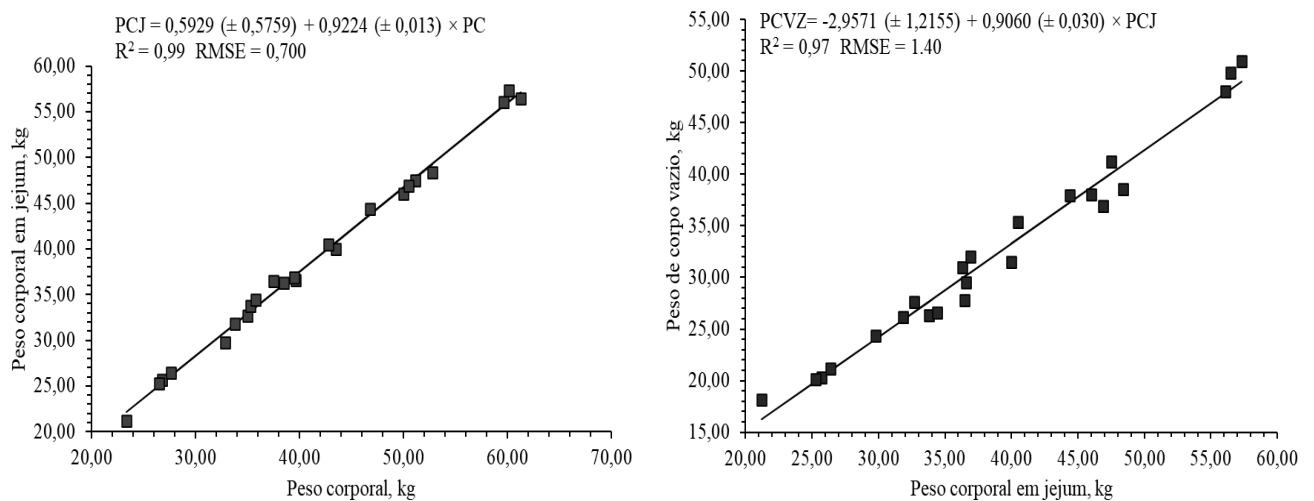
Na regressão li em função do GMD, observou-se efeito significativo da espécie (P

< 0,0491). Dessa forma, foram ajustadas equações distintas para caprinos e ovinos, respectivamente (Figura 2):

$$\text{GPCVZ}_{\text{caprino}} = 0,0090 (\pm 0,004) + 0,84 (\pm 0,037) \times \text{GMD} \quad R^2 = 0,97 \quad \text{RMSE} = 0,008 \quad (13)$$

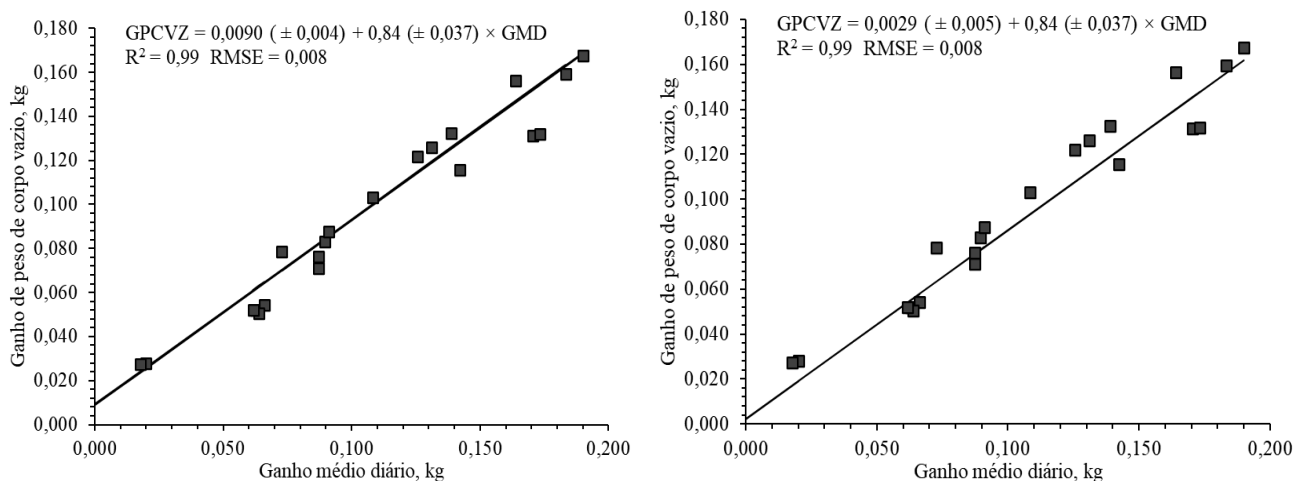
$$\text{GPCVZ}_{\text{ovino}} = 0,0029 (\pm 0,005) + 0,84 (\pm 0,037) \times \text{GMD} \quad R^2 = 0,97 \quad \text{RMSE} = 0,008 \quad (14)$$

Figura 1 – Relações entre peso corporal em jejum (PCJ) e peso corporal (PC), e entre peso de corpo vazio (PCVZ) e peso corporal em jejum (PCJ), em machos inteiros de ovinos Santa Inês e caprinos Boer submetidos a diferentes níveis alimentares



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 2 – Relação entre o ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ) em função do ganho médio diário (GMD) de machos inteiros da raça Santa Inês e caprinos Boer submetidos a diferentes níveis alimentares



Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 3 – Composição corporal de ovinos Santa Inês e caprinos Boer não castrados sob diferentes níveis alimentares

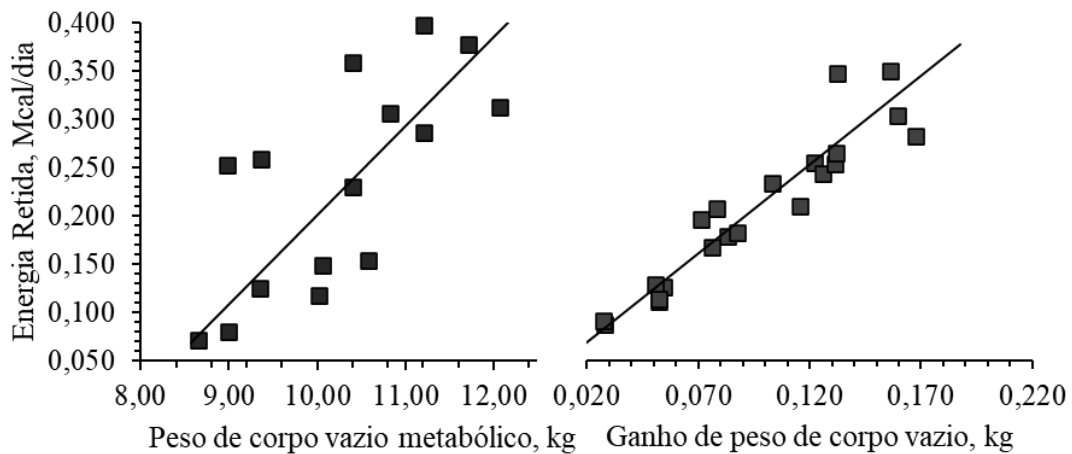
Itens	Espécie		Níveis alimentares			EPM	P - valor		
	Ovino	Caprino	<i>Ad libitum</i>	T30%	T60%		ESP	NA	ESP×NA
PC (kg)	46,525 ^a	36,672 ^b	51,583 ^a	42,475 ^b	30,737 ^c	1,744	<0,001	<0,001	0,8578
PCJ (kg)	43,592 ^a	34,326 ^b	48,283 ^a	39,456 ^b	29,137 ^c	1,634	<0,001	<0,001	0,9423
PCVZ (kg)	36,225 ^a	28,456 ^b	41,446 ^a	32,478 ^b	23,097 ^c	1,375	<0,001	<0,001	0,7898
GMD (kg)	0,127 ^a	0,068 ^b	0,142 ^a	0,117 ^b	0,034 ^c	0,006	<0,001	<0,001	0,9046
GPCVZ (kg)	0,109 ^a	0,065 ^b	0,130 ^a	0,101 ^b	0,035 ^c	0,005	<0,001	<0,001	0,6905
Proteína (g/kg PCVZ)	147,76 ^a	149,41 ^a	146,16 ^a	150,27 ^a	149,34 ^a	3,31	0,6806	0,6876	0,2161
Gordura (g/kg PCVZ)	187,84 ^a	164,47 ^a	209,81 ^a	187,38 ^b	13,127 ^c	1,73	0,0651	0,0001	0,2526
Cinzas (g/kg PCVZ)	43,88 ^a	37,02 ^b	40,54 ^a	41,55 ^a	39,26 ^a	7,74	0,0039	0,6541	0,8422
Água (g/kg PCVZ)	615,07 ^a	646,05 ^b	600,25 ^a	620,60 ^b	670,83 ^c	2,466	0,0036	<0,001	0,2770

Médias seguidas por letras diferentes entre espécie e entre níveis alimentares diferem de acordo com o teste de Tukey-Kramer (P<0,05); T30% = restrição de 30% em relação ao consumo ad libitum, com base na matéria seca da dieta; T60% = restrição de 60% em relação ao consumo ad libitum, com base na matéria seca da dieta; EPM = Erro padrão da média; ESP = Espécie; NA = Níveis alimentares; PC = Peso corporal; PCJ = Peso corporal de jejum; PCVZ = Peso de corpo vazio; GMD = Ganho médio diário; GPCVZ = Ganho de peso de corpo vazio. Fonte: Dados da pesquisa.

Conforme ilustrado na Figura 3, a estimativa da Elg (Mcal/dia) foi obtida por meio da regressão da energia retida (ER) em função do PCVZ^{0,75} e do GPCVZ. Não foi observado efeito significativo da espécie nessa relação ($P > 0,9309$), permitindo o uso de uma equação única para ambas as espécies:

$$\text{Elg} = 0,213 (\pm 0,06523) \times \text{PCVZ}^{0,75} \times \text{GPCVZ}^{0,8874(\pm 0,05648)} \quad R^2 = 0,92506 \quad \text{RMSE} = 0,076 \quad (15)$$

Figura 3 – Energia retida (ER) em função do peso de corpo vazio (PCVZ) metabólico e do ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ) de machos inteiros das espécies ovino da raça Santa Inês e caprino da raça Boer alimentados em diferentes níveis alimentares



Fonte: Dados da pesquisa.

A ELg (Mcal/dia) estimada para um ovino e caprino macho inteiro variando de 10 kg a 40 kg de PC e um GMD de 0,100 kg/dia foi igual para ambas as espécies, sendo obtidos os valores de 0,092 Mcal/dia e 0,318 Mcal/dia, respectivamente. Foi observado o mesmo quando comparamos animais com a mesma faixa de PC, de 10 kg a 40 kg, porém com um GMD de 0,200 kg/dia, sendo valores de 0,168 Mcal/dia e 0,581 Mcal/dia. Esses resultados indicam que as exigências de energia líquida para ganho foram semelhantes entre as espécies, independentemente do peso corporal e da taxa de ganho.

Com relação a EMg (Mcal/dia) e a k_g , diferenças sutis foram observadas entre as espécies. Em ovinos com 10 kg de PC e GMD de 0,100 kg/dia, a EMg foi de 0,37 Mcal/dia, com k_g de 0,25. Para caprinos nas mesmas condições, a EMg foi ligeiramente superior, 0,40 Mcal/dia, e o mesmo valor de k_g . Com o aumento do PC para 40 kg e GMD de 0,200 kg/dia, a EMg foi de 1,22 Mcal/dia para ovinos e 1,26 Mcal/dia para caprinos, com eficiências de utilização de 0,48 e 0,49, respectivamente (Tabela 4 e 5).

Tabela 4 – Estimativas das exigências de energia para ganho de peso em ovinos

PC (kg)	PCJ (kg)	PCVZ (kg)	GMD (kg)	GPCVZ (kg)	ELg (Mcal/dia)	ERp (Mcal)	k _g	EMg (Mcal/dia)
10	9,82	5,94	0,100	0,09	0,092	0,80	0,25	0,37
10	9,82	5,94	0,200	0,17	0,168	0,86	0,23	0,72
10	9,82	5,94	0,300	0,25	0,240	0,90	0,23	1,06
20	19,04	14,29	0,100	0,09	0,178	0,41	0,37	0,47
20	19,04	14,29	0,200	0,17	0,325	0,44	0,36	0,91
20	19,04	14,29	0,300	0,25	0,464	0,46	0,35	1,33
30	28,26	22,65	0,100	0,09	0,251	0,29	0,45	0,56
30	28,26	22,65	0,200	0,17	0,459	0,31	0,43	1,07
30	28,26	22,65	0,300	0,25	0,656	0,32	0,42	1,56
40	37,49	31,01	0,100	0,09	0,318	0,23	0,49	0,65
40	37,49	31,01	0,200	0,17	0,581	0,24	0,48	1,22
40	37,49	31,01	0,300	0,25	0,830	0,25	0,47	1,77

PC = Peso corporal; PCJ = Peso corporal de jejum; PCVZ= Peso de corpo vazio; GMD = Ganho médio diário; GPCVZ = Ganho de peso de corpo vazio; ELg = Energia líquida para ganho; ERp = Energia retida como proteína; k_g = Eficiência de utilização da energia; EMg = Energia metabolizável para ganho.

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 5 – Estimativas das exigências de energia para ganho de peso em caprinos

PC (kg)	PCJ (kg)	PCVZ (kg)	GMD (kg)	GPCVZ (kg)	ELg (Mcal/dia)	ERp (Mcal)	k _g	EMg (Mcal/dia)
10	9,82	5,94	0,100	0,09	0,092	0,80	0,25	0,40
10	9,82	5,94	0,200	0,17	0,168	0,86	0,23	0,75
10	9,82	5,94	0,300	0,25	0,240	0,90	0,23	1,09
20	19,04	14,29	0,100	0,09	0,178	0,41	0,37	0,51
20	19,04	14,29	0,200	0,17	0,325	0,44	0,36	0,94
20	19,04	14,29	0,300	0,25	0,464	0,46	0,35	1,36
30	28,26	22,65	0,100	0,09	0,251	0,29	0,44	0,61
30	28,26	22,65	0,200	0,17	0,459	0,31	0,43	1,11
30	28,26	22,65	0,300	0,25	0,656	0,32	0,42	1,60
40	37,49	31,01	0,100	0,09	0,318	0,23	0,49	0,69
40	37,49	31,01	0,200	0,17	0,581	0,24	0,48	1,26
40	37,49	31,01	0,300	0,25	0,830	0,25	0,47	1,81

PC = Peso corporal; PCJ = Peso corporal de jejum; PCVZ= Peso de corpo vazio; GMD= Ganho médio diário; GPCVZ = Ganho de peso de corpo vazio; ELg = Energia líquida para ganho; ERp = Energia retida como proteína; k_g = Eficiência de utilização da energia; EMg = Energia metabolizável para ganho.

Fonte: Dados da pesquisa.

Não houve efeito de espécie ($P > 0,1614$) em relação aos requerimentos líquidos de proteína para ganho de peso (Plg, g/dia), sendo assim, a exigência de proteína líquida para ganho (Plg g/dia) foi estimada a partir de uma única equação para ambas as espécies:

$$\text{Log } Y = a + b \text{ Log } X \quad (16)$$

$$\text{Log Proteína: } 2,19_{(\pm 0,069)} + 0,985_{(\pm 0,046)} \times \text{Log PCVZ } R^2 = 0,9548 \text{ RMSE} = 0,02727 \quad (17)$$

A PLg (g/dia) estimada para um ovino macho inteiro foi de 12,89 g/dia, considerando um animal com 10 kg de PC e um GMD de 0,100 kg/dia. Para um caprino nas mesmas condições, a exigência foi ligeiramente superior, 13,93 g/dia. Quando considerados animais com 40 kg de PC e GMD de 0,200 kg/dia, a PLg foi de 24,84 g/dia para ovinos e 25,85 g/dia para caprinos (Tabelas 6 e 7). Esses resultados evidenciam que, embora os valores absolutos variem com o peso e a taxa de ganho, as exigências de proteína líquida para ganho foram semelhantes entre as espécies.

Tabela 6 – Estimativas das exigências de proteína para ganho de peso em ovinos

PC (kg)	PCJ (kg)	PCVZ (kg)	GMD (kg)	GPCVZ (kg)	PLg (g/dia)	PMg (g/dia)
10	9,82	5,94	0,100	0,09	12,89	51,57
10	9,82	5,94	0,200	0,17	25,46	101,85
10	9,82	5,94	0,300	0,25	38,03	152,13
20	19,04	14,29	0,100	0,09	12,72	50,90
20	19,04	14,29	0,200	0,17	25,13	100,52
20	19,04	14,29	0,300	0,25	37,54	150,15
30	28,26	22,65	0,100	0,09	12,64	50,55
30	28,26	22,65	0,200	0,17	24,96	99,84
30	28,26	22,65	0,300	0,25	37,28	149,12
40	37,49	31,01	0,100	0,09	12,58	50,32
40	37,49	31,01	0,200	0,17	24,84	99,37
40	37,49	31,01	0,300	0,25	37,11	148,43

PC = Peso corporal; PCJ = Peso corporal de jejum; PCVZ = Peso de corpo vazio; GMD = Ganho médio diário; GPCVZ = Ganho de peso de corpo vazio; PLg = Proteína líquida para ganho; PMg = Proteína metabolizável para ganho.

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 7 – Estimativas das exigências de proteína para ganho de peso em caprinos

PC (kg)	PCJ (kg)	PCVZ (kg)	GMD (kg)	GPCVZ (kg)	PLg (g/dia)	PMg (g/dia)
10	9,82	5,94	0,100	0,09	13,93	25,32
10	9,82	5,94	0,200	0,17	26,50	48,17
10	9,82	5,94	0,300	0,25	39,07	71,03
20	19,04	14,29	0,100	0,09	13,74	24,99
20	19,04	14,29	0,200	0,17	26,15	47,55
20	19,04	14,29	0,300	0,25	38,56	70,11
30	28,26	22,65	0,100	0,09	13,65	24,82
30	28,26	22,65	0,200	0,17	25,97	47,22
30	28,26	22,65	0,300	0,25	38,29	69,63
40	37,49	31,01	0,100	0,09	13,59	24,70
40	37,49	31,01	0,200	0,17	25,85	47,00
40	37,49	31,01	0,300	0,25	38,12	69,30

PC = Peso corporal; PCJ = Peso corporal de jejum; PCVZ= Peso de corpo vazio; GMD = Ganho médio diário; GPCVZ = Ganho de peso de corpo vazio; PLg = Proteína líquida para ganho; PMg = Proteína metabolizável para ganho.

Fonte: Dados da pesquisa.

3.4 Discussão

A gordura corporal é o componente mais variável da composição corporal, sendo influenciada pela raça, espécie, classe sexual e nível alimentar (NRC, 2000; NASEM, 2016), enquanto a massa seca isenta de gordura tende a se manter constante (NRC, 2007). Essa variação está relacionada ao fato de que a principal mudança na composição corporal durante o crescimento e desenvolvimento dos animais é o acúmulo de gordura (Williams, 2005), o que corrobora os resultados observados neste estudo.

O PCVZ é a medida que melhor representa a massa corporal dos animais, uma vez que toda a influência do conteúdo do trato gastrointestinal é retirada. Além disso, é no PCVZ que estão contidos os tecidos que formam o corpo, onde os nutrientes estão depositados, sendo assim a melhor medida para expressar as exigências nutricionais dos animais. Dessa forma, considerando que a medida do PCVZ é laboriosa, gerar modelos de estimativa a partir de medidas práticas como o PC ou o PCJ torna-se necessário.

A determinação do PCVZ e, por consequência, do conteúdo do trato gastrointestinal (CTGI) é essencial para compreender como os nutrientes são de fato aproveitados pelos animais. Essas informações contribuem para o aprimoramento de

estratégias alimentares, permitindo ajustes nos modelos de taxa de passagem e maior precisão na estimativa do rendimento de carcaça. De maneira geral, o CTGI, quando expresso em relação ao peso corporal total, tende a diminuir conforme o animal cresce. Contudo, essa proporção varia entre espécies, onde caprinos e ovinos apresentam diferenças importantes nesse aspecto (BR CAPRINOS & OVINOS, 2024).

Essas diferenças estão associadas a características específicas de cada espécie, como a morfologia do sistema digestivo, o tipo de alimento preferido, o comportamento de seleção e a eficiência no aproveitamento de volumosos e concentrados. Tais particularidades influenciam a digestão, a taxa de passagem dos alimentos e, consequentemente, o ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ), que reflete a real deposição de tecido corporal, sem a interferência do conteúdo intestinal (Marcondes *et al.*, 2010).

No presente estudo, observou-se efeito significativo da espécie na predição do GPCVZ. Isso pode ser atribuído ao fato de os caprinos possuírem menor proporção relativa das câmaras gástricas em relação ao peso corporal, quando comparados aos ovinos (Silanikove, 2000). Essa diferença pode aumentar a variação do conteúdo gastrointestinal em caprinos, impactando diretamente as estimativas de ganho de massa corporal entre as espécies. Por outro lado, os valores estimados pelas equações que descrevem a relação entre o PCJ e o PC, bem como entre o PCVZ e o PCJ, foram semelhantes entre as espécies e apresentaram consistentes com os resultados de Campos *et al.* (2017) para caprinos e Herbster *et al.* (2020) para ovinos. A ausência de diferença significativa entre ovinos e caprinos nessas equações pode estar relacionada à similaridade na dinâmica de esvaziamento do trato gastrointestinal.

A energia líquida para ganho (Mcal/dia) representa a fração da energia retida sob a forma de gordura e proteína no corpo vazio dos animais (Garrett; Meyer; Lofgreen, 1959), sendo, portanto, diretamente influenciada pela composição do ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ) (NRC, 2007). Os teores corporais de gordura e proteína são modulados por diversos fatores, como idade, classe sexual, espécie e nível nutricional (BR CAPRINOS & OVINOS, 2024). Quando o ganho de peso não é limitado pela ingestão energética, o acúmulo de gordura tende a aumentar com o avanço do peso corporal, enquanto a deposição de proteína tende à estabilização até a maturidade fisiológica (NASEM, 2016).

A k_g é influenciada por múltiplos fatores, como o nível energético da dieta e a composição corporal do ganho (BR CAPRINOS & OVINOS, 2024). Valadares *et al.* (2006) relataram que dietas com menor densidade energética (com menos de 50% de concentrado) apresentaram k_g médio de 0,35, enquanto dietas com maior densidade resultaram em valores

de até 0,47. Assim, o uso de um valor fixo para k_g pode levar à subestimação ou superestimação das exigências de EMg, dependendo da qualidade da dieta (BR-CORTE, 2023). Considerando que o aumento do ganho de peso corporal exige maior síntese de tecidos, há também incremento no metabolismo energético, incluindo maior absorção, transporte e assimilação de nutrientes, além de elevação no turnover proteico e na produção de calor, conforme destacado por Williams e Jenkins (2003).

A exigência de proteína líquida para ganho (PLg) corresponde à quantidade de aminoácidos efetivamente incorporada aos tecidos, descontadas as perdas endógenas inevitáveis, como as fecais, urinárias e dérmicas (CSIRO, 2007), sendo influenciadas pela composição do ganho, que se modifica com a idade e com o estado fisiológico dos animais. À medida que o peso corporal aumenta, é comum ocorrer uma substituição gradual da deposição de proteína por gordura, resultando na diminuição da PLg por unidade de ganho (NASEM, 2016; BR CAPRINOS & OVINOS, 2024).

No presente estudo, observou-se que não houve efeito significativo da espécie sobre as exigências de PLg, permitindo o ajuste de uma equação geral para ambos os grupos. Essa similaridade pode estar relacionada à fase de crescimento em que os animais se encontravam, período no qual a deposição proteica ainda ocorre de maneira intensa e semelhante entre espécies. Além disso, apesar das diferenças fisiológicas entre caprinos e ovinos, os valores absolutos de PLg foram muito próximos, sugerindo que, neste estágio, suas demandas de aminoácidos para síntese tecidual foram comparáveis.

3.5 Conclusão

As exigências de energia e proteína para ganho de peso não diferiram para as duas espécies, possibilitando o uso de uma única equação preditiva para energia e proteína líquida em sistemas de criação mista, sendo recomendadas as equações $Elg \text{ (Mcal/dia)} = 0,213 (\pm 0,06523) \times PCVZ^{0,75} \times GPVCZ^{0,8874(\pm 0,05648)}$; $\text{Log Proteína (g/dia): } 2,19 (\pm 0,069) + 0,985 (\pm 0,046) \times \text{Log PCVZ}$.

REFERÊNCIAS

- AFRC. AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL. **Energy and Protein Requirements of Ruminants**. Wallingford: CAB International, 1993.
- ARC. AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL. **The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock**. Slough: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1980.693
- AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official Methods of Analysis**. 15. ed. Washington, DC: AOAC, 1990.
- BLAXTER, K. L.; MARTIN, A.K. The utilization of protein as a source of energy in fattening sheep. **British Journal of Nutrition**, v. 16, p. 397-407, 1962.
- CAMPOS, L. M. *et al.* Predicting empty body weight in growing goats: a meta-analytic approach. **Small Ruminant Research**, v. 155, p. 45-50, 2017.
- CANNAS, A. *et al.* A mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological values for sheep. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 149-169, 2004.
- CSIRO. COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION. **Nutrient Requirements of Domesticated Ruminants**. Collingwood, VIC: CSIRO Publishing, 2007.
- BR CAPRINOS & OVINOS. EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE CAPRINOS E OVINOS. São Carlos, SP: Editora Scienza, 2024.
- BR- CORTE. EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE ZEBUÍÑOS PUROS E CRUZADOS. 4. ed. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema Gráfica Ltda, 2023.
- FERRELL, C. L. Contribution of visceral organs to animal energy expenditures. **Journal of Animal Science**, v. 66, p. 23-34, 1988.
- 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.
- GARRETT, W. N. Factors influencing energetic efficiency of beef production. **Journal of Animal Science**, v. 51, n. 6, p. 1434-1440, 1980.
- GARRETT, W. N.; MEYER, J. H.; LOFGREEN, G. P. The comparative energy requirements of sheep and cattle for maintenance and gain. **Journal of Animal Science**, v. 18, p. 528-547, 1959.
- GEAY, Y. Energy and protein utilization in growing cattle. **Journal of Animal Science**, v. 58, n. 3, p. 766-778, 1984.
- GUYTON, A. C. **Tratado de fisiologia médica**. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996.

HERBSTER, C. J. L. *et al.* Understanding the effect of sex on energy requirements of hair sheep. **Animal**, v. 18, n. 2, p. 101071, 2024.

HERBSTER, C. J. L. *et al.* Weight adjustment equation for hair sheep raised in warm conditions. **Animal**, v. 14, n. 8, p. 1718-1723, 2020.

INRA. INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE. **Alimentation des Ruminants**. Versailles: Editions Quae, 2018.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS. Brasil, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/ovino/br>. Acesso em: 07 jul. 2025.

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, n. 4, p. 347-358, 1996.

MARCONDES, M. I. *et al.* Exigências nutricionais de energia para bovinos de corte. **Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados, BR - CORTE**, v. 2, p. 85-111, 2010.

MENDES, *et al.* Maintenance and growth requirements in male Dorper × Santa Ines lambs. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 8, p. 676956, 2021.

MERTENS, D. R. *et al.* Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feed with refluxing in beakers or crucibles: Collaborative study. **Journal of AOAC International**, v. 85, p. 1217-1240, 2002.

NASEM. NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE. **Nutrients Requirements of Beef Cattle**. 8. ed. Washington, DC: The National Academic Press, 2016.

NRC. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Beef Cattle**. 6. ed. Washington, DC: National Academies Press, 1984.

NRC. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Beef Cattle**. 7. ed. Washington, DC: National Academies Press, 2000.

NRC. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Beef Cattle**. 7 ed. Washington, DC, USA: National Academies Press, 1996.

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

OLIVEIRA, A. P. *et al.* Meta-analysis of the energy and protein requirements of hair sheep raised in the tropical region of Brazil. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 102, n. 1, p. e52-e60, 2018.

PAULINO, P. V. R. *et al.* Deposição de tecidos e componentes químicos corporais em bovinos

- Nelore de diferentes classes sexuais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 2516-2524, 2009.
- PEREIRA, E. S. *et al.* Energy and protein requirements of Santa Ines lambs, a breed of hair sheep. **Animal**, v. 11, n. 12, p. 2165-2174, 2017.
- PEREIRA, E. S. *et al.* Requirements of protein for maintenance and growth in ram hair lambs. **Tropical Animal Health and Production**, v. 48, p. 1323-1327, 2016.
- RESENDE, K. T. *et al.* A. Avaliação das exigências nutricionais de pequenos ruminantes pelos sistemas de alimentação recentemente publicados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 161-177, 2008.
- RESENDE, K. T. *et al.* Metabolismo de energia. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2006. p. 311-332.
- SALAH, N.; SAUVANT, D.; ARCHIMÈDE, H. Nutritional requirements of sheep, goats and cattle in warm climates: a meta-analysis. **Animal**, v. 8, n. 9, p. 1439-1447, 2014.
- SILANIKOVE, N. The physiological basis of adaptation in goats to harsh environments. **Small Ruminant Research**, v. 35, p. 181-193, 2000.
- SNIFFEN, C. J. *et al.* A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v. 70, p. 3562-3577, 1992.
- STARLING, J. M. C. *et al.* Variação estacional dos hormônios tireoideanos e do cortisol em ovinos em ambiente tropical. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, p. 2064-2073, 2005.
- TAYLOR, C. S.; THIESSEN, R. B.; MURRAY, J. Inter-breed relationship of maintenance efficiency to milk yield in cattle. **Animal Science**, v. 43, n. 1, p. 37-61, 1986.
- TAYLOR, C. S.; TURNER, H. G.; YOUNG, G. B. Genetic control of equilibrium maintenance efficiency in cattle. **Animal Science**, v. 33, n. 2, p. 179-194, 1981.
- TEIXEIRA, I. A. M. A. *et al.* Applying the California net energy system to growing goats. **Translational Animal Science**, v. 3, n. 3, p. 999-1010, 2019.
- VALADARES FILHO, S. C.; CHIZZOTTI, M. L.; PAULINO, P. V. R. Exigências nutricionais de bovinos de corte no Brasil: desafios. **Revista Ceres**, v. 56, p. 488-495, 2009.
- VALADARES FILHO, S. C.; OLIVEIRA, A. S. Compostos nitrogenados na alimentação para novilhas leiteiras. In: PEREIRA, E. S. *et al.* **Novilhas leiteiras**. Fortaleza: Graphiti, 2010. p. 333-372.
- VALADARES FILHO S.C. *et al.* **Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos. BR-Corte**. Viçosa: Suprema Gráfica Ltda. p.142, 2006.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University, p. 476, 1994.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.

WEISS, W. P. Energy prediction equations for ruminant feeds. *In: **Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers***. Ithaca. Proceedings. Ithaca: Cornell University, 1999. p. 176-185.

WEISS, W. P.; TEBBE, A. W. Estimating digestible energy values of feeds and diets and integrating those values into net energy systems. **Translational Animal Science**, v. 3, n. 3, p. 953-961, 2019.

WILLIAMS, C. B. Technical note: a dynamic model to predict the composition of fat-free matter gains in cattle. **Journal of Animal Science**, v. 83, n. 6, p. 1262-1266, 2005.

WILLIAMS, C. B.; JENKINS, T. G. A dynamic model of metabolizable energy utilization in growing and mature cattle. I. Metabolizable energy utilization for maintenance and support metabolism. **Journal of Animal Science**, v. 81, p. 1371-1381, 2003.