

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

**DINÂMICA DAS CONCENTRAÇÕES DE MACROMINERAIS EM
CORDEIRAS DA RAÇA SANTA INÊS EM CRESCIMENTO**

CIMARA GONZAGA VITOR

BELO HORIZONTE - MG

2017

CIMARA GONZAGA VITOR

**DINÂMICA DAS CONCENTRAÇÕES DE MACROMINERAIS EM
CORDEIRAS DA RAÇA SANTA INÊS EM CRESCIMENTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia.

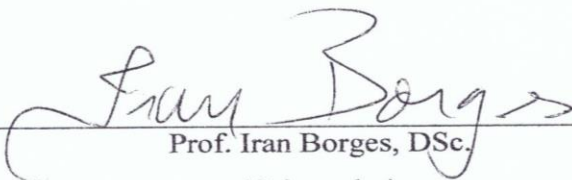
Área de concentração: Nutrição Animal

Orientador: Iran Borges


BELO HORIZONTE – MG

2017

Dissertação apresentada no dia 10 de fevereiro de 2017 e aprovada pela comissão
examinadora composta por:


Prof. Iran Borges, DSc.
(Orientador)


Prof. Décio Souza Graça, PhD.


Prof. Breno Mourão de Sousa, DSc.

EPÍGRAFRE

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades. Lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível”.

Charlie Chaplin

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS pelo dom da vida e por estar comigo em todos os momentos.

Aos meus pais, Ciro e Marli, pelo amor incondicional, apoio e incentivo mesmo com todas as dificuldades diárias da vida.

Aos meus irmãos, Douglas e Luizinho e aos demais familiares pela torcida e apoio.

A minha sobrinha e afilhada querida, Amanda, que enche a minha vida de alegria, e torna os meus dias mais leves.

Ao meu namorado, confidente, amigo e companheiro de todas as horas, Markinhos, pelo apoio e incentivo para o meu crescimento profissional e também pela compreensão durante minha ausência. Meu eterno amor e respeito por você.

Ao meu orientador, Iran Borges, a quem considero como meu segundo pai, pelo acolhimento e pelos ensinamentos.

Aos amigos do Núcleo de Extensão e Pesquisa em Pequenos Ruminantes – NEPPER, pela amizade, união e contribuição durante a execução deste trabalho.

Aos meus amigos e colegas de graduação, Léo e Jaqueline, pela amizade, apoio e companheirismo.

Aos colegas de curso e amigos da UFMG, com os quais convivi e compartilhei bons momentos.

A professora Eloisa e aos técnicos do Laboratório de Nutrição da UFMG, Toninho, Fabiana e Gabriela pelo apoio durante a realização das análises laboratoriais deste trabalho.

Ao CNPq, pela concessão de bolsa de estudo durante a realização do curso de mestrado e pelo auxílio financeiro à execução do experimento.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1	Nutrição e metabolismo de minerais nos animais	15
2.1.1	Cálcio	16
2.1.2	Fósforo	20
2.1.3	Potássio	23
2.1.4	Sódio	25
2.1.5	Magnésio	27
2.2	Modelagem matemática aliada à nutrição animal.....	30
2.3	Crescimento animal e alometria.....	31
3	MATERIAL E MÉTODOS	32
3.1	Local de realização do experimento	32
3.2	Animais e instalações.....	33
3.3	Manejo nutricional dos animais experimentais	34
3.4	Abate e amostragem dos órgãos e vísceras.....	36
3.4.1	Período pré-abate.....	36
3.4.2	Procedimentos de abate.....	36
3.4.3	Evisceração das ovelhas	36
3.4.4	Amostragem e processamento dos componentes corporais	38
3.4.5	Análises laboratoriais	39
3.5	Procedimento experimental e delineamento estatístico	40
3.5.1	Descrição quantitativa das relações alométricas	40
3.5.1.1	Análise quantitativa.....	41
3.5.1.2	Processo de Seleção de Multimodelos	42
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
4.1	Seleção do melhor modelo.....	44
4.2	Comportamento alométrico da massa dos minerais nos componentes corporal escalonada para a massa corporal	54
4.2.1	Avaliação dos resultados.....	54
4.2.2	Deposição do cálcio no corpo de cordeiras pré-púberes	54
4.2.3	Deposição do fósforo no corpo de cordeiras pré-púberes	59
4.2.4	Deposição do potássio no corpo de cordeiras pré-púberes.....	63
4.2.5	Deposição do sódio no corpo de cordeiras pré-púberes	67

4.2.6	Deposição do magnésio no corpo de cordeiras pré-púberes	72
4.3	Ganho de macrominerais	77
4.3.1	Ganho de cálcio no corpo das cordeiras pré-púberes	77
4.3.2	Ganho de fósforo no corpo das cordeiras pré-púberes	80
4.3.3	Ganho de potássio no corpo das cordeiras pré-púberes.....	81
4.3.4	Ganho de sódio no corpo das cordeiras pré-púberes	82
4.3.5	Ganho de magnésio no corpo das cordeiras pré-púberes	83
5	CONCLUSÕES.....	84
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84
7	ANEXO.....	100

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Distribuição dos animais conforme pesos de abate e regimes alimentares.....	32
Tabela 2. A Composição percentual do suplemento concentrado e relação volumoso: concentrado (V:C) presentes na dieta experimental.....	34
Tabela 3. Composição bromatológica dos alimentos e dieta experimental	34
Tabela 4. Componentes corporais e seus constituintes.....	36
Tabela 5. Critério de informação para avaliação dos modelos para descrever o crescimento relativo da massa de cálcio (Ca) nas variáveis de cordeiras em crescimento.....	45
Tabela 6. Critério de informação para avaliação dos modelos para descrever o crescimento relativo da massa de fósforo (P) nas variáveis de cordeiras em crescimento.....	46
Tabela 7. Critério de informação para avaliação dos modelos para descrever o crescimento relativo da massa de potássio (K) nas variáveis de cordeiras em crescimento.....	47
Tabela 8. Critério de informação para avaliação dos modelos para descrever o crescimento relativo da massa de sódio (Na) nas variáveis de cordeiras em crescimento.....	48
Tabela 9. Critério de informação para avaliação dos modelos para descrever o crescimento relativo da massa de magnésio (Mg) nas variáveis de cordeiras em crescimento.....	49
Tabela 10. Critério de informação para avaliação dos modelos para descrever o crescimento relativo das massas de corporais vazias de cálcio (Ca), fósforo (P), magnésio (Mg), sódio (Na) e potássio (K) de cordeiras em crescimento escalonadas para massa corporal (MC), massa de corpo vazio (MCVZ) e massa de corpo vazio elevado a $0,75(MCVZ^{0,75})$	50
Tabela 11. Intervalos de confiança (IC95%) dos parâmetros do modelo alométrico ($\hat{\alpha}$ e $\hat{\beta}$) e das funções de variância (F.V.: $\hat{\sigma}_0$, $\hat{\rho}$ e $\hat{\psi}$) da combinação mais provável para as massas dos macrominerais escalonados para massa corporal (MC), massa de corpo vazio (MCVZ) e massa de corpo vazio elevado a $0,75 (MCVZ^{0,75})$	51
Tabela 12. Intervalos de confiança (IC95%) dos parâmetros do modelo alométrico ($\hat{\alpha}$ e $\hat{\beta}$) e das funções de variância (F.V.: $\hat{\sigma}_0$, $\hat{\rho}$ e $\hat{\psi}$) da combinação mais provável para cada variável analisada para massa de cálcio (g) escalonada para massa corporal (kg).....	56
Tabela 13. Intervalos de confiança (IC95%) dos parâmetros do modelo alométrico ($\hat{\alpha}$ e $\hat{\beta}$) e das funções de variância (F.V.: $\hat{\sigma}_0$, $\hat{\rho}$ e $\hat{\psi}$) da combinação mais provável para cada variável analisada para massa de fósforo (g) escalonada para massa corporal (kg).....	60
Tabela 14. Intervalos de confiança (IC95%) dos parâmetros do modelo alométrico ($\hat{\alpha}$ e $\hat{\beta}$) e das funções de variância (F.V.: $\hat{\sigma}_0$, $\hat{\rho}$ e $\hat{\psi}$) da combinação mais provável para cada variável analisada para massa de potássio (g) escalonada para massa corporal (kg).....	64
Tabela 15. Intervalos de confiança (IC95%) dos parâmetros do modelo alométrico ($\hat{\alpha}$ e $\hat{\beta}$) e das funções de variância (F.V.: $\hat{\sigma}_0$, $\hat{\rho}$ e $\hat{\psi}$) da combinação mais provável para cada variável analisada para massa de sódio (g) escalonada para massa corporal (kg).....	69

Tabela 16. Intervalos de confiança (IC95%) dos parâmetros do modelo alométrico ($\hat{\alpha}$ e $\hat{\beta}$) e das funções de variância (F.V.: $\hat{\sigma}_0$, $\hat{\rho}$ e $\hat{\psi}$) da combinação mais provável para cada variável analisada para massa de magnésio (g) escalonada para massa corporal (kg).....74

Tabela 17. Intervalos de confiança para ganho dos macrominerais cálcio (Ca), fósforo (P), magnésio (Mg), sódio (Na) e potássio (K) no corpo vazio escalados a massa corporal, a massa corporal vazia a um (MCVZ) e a 3/4 ($MCVZ^{0,75}$) de potências predita em diferentes massas corporais de cordeiras em crescimento.....78

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Valores observados para animais sem restrição alimentar, para animais em restrição alimentar, esperados mais prováveis, e intervalo de confiança de 95% relativo ao comportamento alométrico da massa de cálcio (Ca) em diferentes porções corporais de cordeiras em crescimento.....57
- Figura 2. Valores observados para animais sem restrição alimentar, para animais em restrição alimentar, esperados mais prováveis, e intervalo de confiança de 95% relativo ao comportamento alométrico da massa de fósforo (P) em diferentes porções corporais de cordeiras em crescimento.....61
- Figura 3. Valores observados para animais sem restrição alimentar, para animais em restrição alimentar, esperados mais prováveis, e intervalo de confiança de 95% relativo ao comportamento alométrico da massa de potássio (K) em diferentes porções corporais de cordeiras em crescimento.....65
- Figura 4. Valores observados para animais sem restrição alimentar, para animais em restrição alimentar, esperados mais prováveis, e intervalo de confiança de 95% relativo ao comportamento alométrico da massa de sódio (Na) em diferentes porções corporais de cordeiras em crescimento.....70
- Figura 5. Valores observados para animais sem restrição alimentar, para animais em restrição alimentar, esperados mais prováveis, e intervalo de confiança de 95% relativo ao comportamento alométrico da massa de Magnésio (Mg) em diferentes porções corporais de cordeiras em crescimento.....75

RESUMO

O manejo nutricional adequado de cordeiras em crescimento pode impactar positivamente nas respostas produtivas e reprodutivas das futuras matrizes. Objetivou-se com este trabalho avaliar, a partir de estudos alométricos, a composição corporal e a retenção de macrominerais de cordeiras da raça Santa Inês em crescimento. Foram utilizadas 50 cordeiras Santa Inês, distribuídas em um delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 2, três pesos de abate (20, 30 e 40 kg) e dois manejos nutricionais (*ad libitum* e restrito). Cinco animais foram aleatoriamente selecionados e abatidos para comporem o grupo referência inicial dos animais de 20 kg. Dois grupos, um de seis animais e outro de cinco animais, foram selecionados aleatoriamente e abatidos para comporem o grupo inicial ou grupo referência dos animais abatidos aos 30 kg e 40 kg, respectivamente. Dos 34 animais remanescentes 18 compuseram o grupo de animais que receberam regime alimentar *ad libitum* e abatidos aos 20, 30 e 40 kg (seis animais por grupo) e 16 o grupo de animais submetidos à restrição nutricional e abatidos nas faixas de peso anteriormente citadas. Após o abate, o corpo de cada cordeira foi dividido em oito componentes: Carcaça, cabeça e membros, pele, trato gastrointestinal, vísceras, gorduras, útero e glândula mamária. Todos componentes foram pesados, amostrados e quantificados quanto ao teor de minerais a fim de se chegar à concentração de macrominerais nos diferentes componentes. A partir do modelo alométrico de Huxley e Teissier (1936) fez-se o escalonamento das massas (g) dos macrominerais nas diferentes partes corporais e foi estabelecida a relação entre a massa dos minerais de cada variável estudada e massa corporal. Não houve efeito dos regimes alimentares ($P > 0,05$) sobre a deposição dos macrominerais sobre quaisquer dos componentes corporais avaliados. Tiveram deposição precoce para todos os macrominerais: cabeça e membros, TGI e útero; na carcaça os depósitos foram tardios, exceto para o sódio que se manteve. Os demais compartimentos apresentaram deposição diferenciada para os minerais, sendo que a glândula mamária e a gordura corporal tiveram deposição de cálcio, sódio e magnésio tardios e potássio estável. Houve aumento no ganho de macrominerais no corpo vazio na medida em que aumentou a massa corporal das cordeiras.

Palavras-chave: desenvolvimento corporal, componentes corporais, minerais, ovinos.

ABSTRACT

The adequate nutritional management of growing lambs can positively impact the productive and reproductive responses of future matrix. The objective of this work was to evaluate, from allometric studies, the body composition and retention of macrominerals of growing Santa Inês lambs. Fifty Santa Inês lambs were used, distributed in a completely randomized experimental design in a 3 x 2 factorial scheme, three slaughter weights (20, 30 and 40 kg) and two nutritional management (*ad libitum* and restricted). Five animals were randomly selected and slaughtered to make up the initial reference group of the 20 kg animals. Two groups, one of six animals and one of five animals, were randomly selected and slaughtered to form the initial or reference group of animals slaughtered at 30 kg and 40 kg, respectively. Of the 34 remaining animals 18, the group of animals fed the *ad libitum* diet and slaughtered at 20, 30 and 40 kg (six animals per group) and 16 the group of animals submitted to nutritional restriction and slaughtered in the previously mentioned weight ranges. After slaughter, the body of each lamb was divided into eight components: carcass, head and limbs, skin, gastrointestinal tract, viscera, fat, uterus and mammary gland. All components were weighed, sampled and quantified as to the mineral content in order to reach the concentration of macrominerals in the different components. From the allometric model of Huxley and Teissier (1936) the macromineral masses (g) were staggered in the different body parts and the relationship between the mass of the minerals of each studied variable and body mass was established. There was no effect of feeding regimens ($P>0.05$) on macromineral deposition on any of the body components evaluated. They had early deposition for all macrominerals: head and limbs, TGI and uterus; In the carcass the deposits were late, except for the sodium that remained. The other compartments presented differentiated deposition for the minerals, and the mammary gland and body fat had deposition of calcium, sodium and magnesium late and stable potassium. There was an increase in macromineral gain in the empty body as it increased the body mass of the lambs.

Keywords: body development, body components, minerals, sheep

1 INTRODUÇÃO

A ovinocultura é hoje uma alternativa de exploração pecuária bastante atrativa no setor agropecuário brasileiro, principalmente em relação à produção de carne. Nesse aspecto, a raça Santa Inês, nativa do Nordeste brasileiro e originada do cruzamento entre ovinos Bergamácia e Morada Nova, é a raça deslanada de maior expansão no Brasil (Selaive-Villarroel, 2014) por apresentar características como grande porte, precocidade, alto rendimento de carcaça, pode ser criada em áreas impróprias para a agricultura e a pecuária de exploração de grandes ruminantes, e se adaptam às diversas condições climáticas (Cabral, 2007).

Apesar das vantagens da utilização da raça, as informações sobre as exigências nutricionais desses animais são escassas, ainda baseadas nos requisitos propostos pelos comitês internacionais (ARC, 1980; AFRC, 1991; CSIRO, 2007 e NRC, 2007), que são obtidos com base na criação de ovinos em regiões de clima temperado e, muitas vezes, extrapolados de dados obtidos com outras espécies animais. A aplicação dessas informações nas condições tropicais pode não proporcionar resultados satisfatórios, resultando em perdas ou excedentes na utilização de nutrientes pelos animais.

Os minerais constituem apenas cerca de 4% a 5% do peso corporal, mas, exercem funções vitais no organismo, participando ativamente em inúmeras reações químicas e enzimáticas, além de serem constituintes estruturais de órgãos e tecidos e estarem presentes também nos fluidos corporais (McDonald et al., 2002). Embora existam alguns trabalhos brasileiros utilizando-se ovinos (Geraseev et al., 2000; Perez et al., 2001; Gonzaga Neto et al., 2005; Mendes et al., 2010; Guedes, 2012), ainda é pequeno o número de informações a respeito das exigências de minerais para os animais da raça Santa Inês.

Os requisitos de minerais são complexos de serem definidos quando comparados aos nutrientes orgânicos devido à influência de vários fatores tais como, nível de produção, idade, peso, forma química do elemento, inter-relação com outros nutrientes, ingestão mineral, raça, grupo genético, condição corporal e sexual e adaptação do animal à dieta, acrescidas das variações na composição química dos solos e conseqüentemente das pastagens (Véras et al., 2001).

O manejo nutricional adequado de cordeiras em crescimento pode impactar positivamente nas respostas produtivas e reprodutivas das futuras matrizes, e,

consequentemente, na produção de cordeiros, embora esta seja uma etapa do ciclo de produção de menor rentabilidade e de menor importância na visão dos produtores. A eficácia de um programa de suplementação apoia-se no conhecimento prévio das exigências em minerais, o que pode permitir melhorias na eficiência de produção, evitando o fornecimento de quantidades excessivas ou abaixo nas necessidades bem como a redução de custos e dos impactos ambientais gerados pela atividade pecuária. Conhecer a forma como os macrominerais se depositam e/ou se mobilizam nos distintos segmentos – compartimentos – dos corpos dos ruminantes facilita em futuras determinações de suas exigências nutricionais, pois servirão de base aos modelos já existentes para tal.

Por conseguinte, fica evidente que pesquisas referentes à nutrição mineral são fundamentais para que a ovinocultura nacional produza dados mais consistentes e voltados para suas reais necessidades, em especial quando se trata de animais da raça Santa Inês.

Objetivou-se com este trabalho avaliar, através de estudos alométricos, a composição corporal e a retenção de macro minerais de cordeiras da raça Santa Inês em crescimento.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Nutrição e metabolismo de minerais nos animais

Os minerais são elementos inorgânicos, constituintes de todos os tecidos animais, em concentrações variáveis e essenciais para o crescimento normal, produção e reprodução. São classificados em macrominerais (cálcio, fósforo, sódio, cloro, potássio, magnésio e enxofre) cujas demandas são expressas em porcentagem, e em microminerais ou elementos traço (cobalto, cobre, iodo, ferro, manganês, molibidênio, selênio, zinco, cromo e flúor), aqueles exigidos em minúscula quantidade de miligramas por dia pelo animal (NRC, 2001).

Segundo Suttle (2010), há quatro grandes tipos de função que os minerais podem exercer em animais: estruturais (formação dos componentes do esqueleto, órgãos e tecidos), fisiológicas (manutenção da pressão osmótica, equilíbrio ácido-base,

permeabilidade da membrana e transmissão de impulsos nervosos), catalíticas (cofatores enzimáticos) e regulatórias (regulação da replicação e diferenciação celular e transcrição de genes). Além disso, um mesmo elemento mineral pode realizar múltiplas funções simultaneamente no mesmo animal, tendo, portanto, diferentes formas funcionais de acordo com a atividade exercida no corpo.

Quando se trata de nutrição mineral, o termo biodisponibilidade, definido como a fração de qualquer nutriente ingerido que tem o potencial para suprir demandas fisiológicas em tecidos alvo (Cozzolino, 2005), é o mais adequado, visto que a simples presença do nutriente no alimento ou dieta ingerida não garante sua utilização pelo organismo. Assim, a disponibilidade e função metabólica dos minerais dependem da forma química que os mesmos ocorrem naturalmente no alimento, da quantidade ingerida e da presença de agentes ligantes e de outros nutrientes nos alimentos que são ingeridos ao mesmo tempo.

Como exemplo pode-se citar o cálcio, que na presença de oxalato e citrato, não pode ser absorvido. Já o fósforo, quando combinado com a fitina, torna-se disponível para alguns animais, como os ruminantes, mas não para outros. Agentes quelantes exercem atração seletiva com vários elementos minerais, liberando um elemento mineral por outro pelo qual esse agente tem maior atração. Assim, cria-se a deficiência de um elemento que está presente em quantidade inadequada (Almeida Filho, 2016).

As taxas de *turnover* de minerais variam de tecido para tecido, mas são geralmente elevadas na mucosa intestinal e fígado, intermediárias em outros tecidos moles e baixas nos ossos, embora sejam influenciadas pelo estágio fisiológico e nutricional do animal. Minerais são também transportados dos compartimentos por secreção (por exemplo, leite, suor e sucos digestivos) e excreção (urina), sendo que aqueles que foram secretados previamente para os locais de absorção podem ser reabsorvidos, e sua reciclagem resultante atrasa o início da privação mineral, tal como no caso de fósforo secretado na saliva (Suttle, 2010).

2.1.1 Cálcio

O cálcio foi o primeiro mineral a ser determinado experimentalmente e considerado como essencial. É o mineral mais abundante do corpo e juntamente com o

fósforo, representa 70% dos minerais presentes no organismo. A maior parte do cálcio (99%) é encontrada no esqueleto e o restante (1%) está presente nos fluidos extracelulares na forma de íons livres, ligados às proteínas do soro e complexados aos ácidos orgânicos e inorgânicos (Suttle, 2010).

Esse mineral é essencial para o crescimento ósseo e formação do esqueleto, transmissão de impulsos nervosos, contração muscular, sinalização celular (Carafoli, 1991), coagulação normal do sangue, ativação de diversas enzimas, secreção e fatores de liberação de hormônios (Maynard et al., 1984).

Os sais de cálcio são mais solúveis em solução ácida, o que evidencia que a absorção ocorre, em grande medida, na parte proximal do intestino delgado (Almeida Filho, 2016). Essa absorção é controlada por dois hormônios: hormônio da paratireóide (PTH) e diidroxicolecalciferol (1,25-(OH)₂D₃), forma fisiologicamente ativa da vitamina D₃, também conhecido como calcitrol (Schneider et al., 1985; Bronner, 1987). A glândula paratireóide responde a pequenas reduções de cálcio no fluido extracelular secretando PTH (Brown, 1991). Isto estimula a hidroxilação dupla da vitamina D₃, primeiramente a 25-OHD₃ no fígado e depois a 24,25-(OH)₂D₃ ou 1,25-(OH)₂D₃, principalmente nos rins (Omdahl e DeLuca, 1973). Na mucosa intestinal, o 1,25-(OH)₂D₃ age de forma relativamente lenta, abrindo canais de cálcio e facilitando a captação e transferência de cálcio, com ajuda da proteína de ligação ao cálcio, a calbindina (Hurwitz, 1996). Quando o fornecimento de cálcio é excessivo, os mecanismos homeostáticos são invertidos pela secreção de calcitonina (Beckman et al., 1994).

Normalmente, somente 20 a 30% do cálcio, em média, é absorvido no trato intestinal e entra na corrente sanguínea. A absorção de cálcio depende de três fatores: da necessidade que o organismo tem desse elemento químico, do tipo de alimentos consumidos e da quantidade de cálcio ingerido. Nesse contexto, é importante ressaltar a inter-relação do cálcio com outros minerais, uma vez que a ingestão deste mineral em excesso pode reduzir a absorção de microelementos tais como ferro, iodo, manganês e cobre além do magnésio, um macromineral. Da mesma forma, o excesso de outros minerais no organismo (magnésio, por exemplo) pode diminuir a absorção de cálcio substituindo-o nos ossos e aumentando sua excreção (Almeida Filho, 2016).

Em trabalho que avaliou o metabolismo de cálcio de cordeiros mestiços Santa Inês suplementados com diferentes fontes deste mineral, Vitti et al. (2006) constataram

que a absorção de cálcio pode ter sido prejudicada pela presença de pectina e oxalato de cálcio, na polpa cítrica e no feno de alfafa, respectivamente. Fredeen (1990) observou que dietas ricas em cálcio e potássio e baixo magnésio reduziram o balanço líquido de magnésio em ovelhas por reduzirem a absorção do mesmo, o que foi associado a baixas taxas de reabsorção óssea, mesmo durante uma perda súbita de cálcio do *pool* de cálcio trocável.

Cálcio e fósforo são mais apropriadamente utilizados quando se apresentam em determinada proporção entre si e uma quantidade excessiva de fósforo reduz a absorção de cálcio. Assume-se que uma relação de cálcio e fósforo entre 1:1 e 2:1 é ideal para o crescimento e formação dos ossos uma vez que esta é, aproximadamente, a relação existente entre os dois minerais nos ossos. Contudo, um grande número de nutricionistas acredita que uma nutrição adequada é possível fora destes limites e os ruminantes podem tolerar uma maior variação, particularmente quando o nível de vitamina D é alto (Conrad et al., 1985).

Depois da absorção, a maior parte do cálcio é estocada nos ossos, de onde é retirada quando o organismo necessita. Essa mobilização que visa manter os níveis de cálcio no sangue envolve mecanismos complexos, através dos quais células reabsorventes de osso (osteoclastos) respondem indiretamente a $1,25\text{-(OH)}_2\text{D}_3$ via citosina liberadas pelos osteoblastos (Norman e Hurwitz, 1993).

A excreção do cálcio, por sua vez, ocorre quando há uma quantidade maior do que a necessária no organismo. Ela ocorre em grande parte pela urina, mas em alguns casos pode ocorrer também por meio das fezes ou do suor. Segundo (Underwood e Suttle, 1999), a modulação da excreção de por via fecal e urinária geralmente desempenha pouco papel na homeostase do cálcio e na determinação do risco de disfunção deste mineral.

Reduções acentuadas na oferta de cálcio na dieta não afetam a excreção fecal deste mineral, que permanece consistentemente baixa (cerca de $16\text{ mg de cálcio kg}^{-1}$ de peso vivo) nos ruminantes (ARC, 1980). Por outro lado, o aumento da ingestão de matéria seca das dietas secas ocasiona aumentos proporcionais na excreção fecal de cálcio em ovinos (AFRC, 1991) o que também se aplica a dietas a base de forragens e evidencia que a perda endógena de cálcio nos ruminantes não é constante, mas aumenta com o nível de alimentação (Chrisp et al., 1989).

Vitti et al. (2006) relataram menor excreção fecal de cálcio para cordeiros recebendo calcário calcítico quando comparado a outras fontes de cálcio e concluíram que altos valores de cálcio fecal podem indicar menor disponibilidade de cálcio na fonte estudada, o que ocasiona maior quantidade de cálcio passando diretamente pelo trato digestivo, sem que haja absorção. Quando animais com baixas exigências (cordeiros de 6,5 meses de idade) receberam uma dieta rica em cálcio (12,1 g de cálcio kg⁻¹ de matéria seca), Chrisp et al. (1989) observaram valores elevados de excreção fecal de cálcio, o que pode refletir o maior *pool* de cálcio no trato gastrointestinal ou uma menor disponibilidade de cálcio endógeno e exógeno, ou ambos.

Para a determinação do requisito dietético de cálcio é necessário conhecer o valor do coeficiente de absorção, que é variável entre os comitês de nutrição animal. Os NRC (1985 e 2007) adotaram o valor de 0,4 para coeficiente de absorção de cálcio dietético para animais em manutenção. O CSIRO (1991) preconizou o coeficiente de 0,6 para ovinos adultos e o INRA (1981) adotou valores diferenciados por peso em animais em crescimento, decrescendo (de 0,5 a 0,3, entre 10 e 50 kg de peso vivo) conforme o animal aumenta de peso. O CSIRO (2007) revisou seus dados e acatou o valor de 0,68, proposto pelo AFRC (1991).

Além do coeficiente de absorção, características intrínsecas ao animal (peso corporal, velocidade de crescimento, idade, sexo, raça, nível de produção, estágio fisiológico) e ao alimento (forma química do elemento na dieta, proporção de outros nutrientes e as interações entre os minerais) também influenciam nas necessidades de cálcio. O requisito líquido de cálcio para o crescimento é quase inteiramente para o crescimento ósseo e o AFRC (1991) estabeleceu para cordeiros, que os mesmos diminuem com a idade, mas aumentam com a taxa de crescimento. Ainda segundo este comitê, a deposição de cálcio diminui com o avanço da maturidade, e em animais com maior peso à maturidade, a deposição desse mineral no ganho de peso vivo é superior, quando comparada a animais com menor peso à maturidade.

Ao avaliar a composição corporal e as exigências de cálcio e fósforo de cordeiros Santa Inês em crescimento, Pérez et al. (2001) observaram redução na concentração desses minerais em função do aumento do peso vivo dos animais. Os autores concluíram que esse decréscimo na concentração de cálcio e fósforo pode ser explicado pelo aumento na concentração de gordura nos animais mais pesados e pela redução no crescimento ósseo à medida que aumenta o peso corporal, pois a maior parte

do cálcio e do fósforo corporal está presente nesse tecido. Resultados semelhantes também foram observados por Gerassev et al., (2000), Trindade (2000) e Baião et al. (2003). Segundo Nour e Thonney (1987) existe relação inversa entre as concentrações minerais nos tecidos ósseos e comestíveis e a concentração de gordura corporal, uma vez que a gordura tem baixo teor de minerais, e, portanto, dilui esses elementos.

Quando os níveis de cálcio na dieta não atendem aos requisitos dos animais, alguns sintomas de deficiência podem surgir comprometendo o crescimento normal, má qualidade de ossos e dentes, e má formação óssea. Dentre as manifestações clínicas relacionadas à deficiência do cálcio podemos citar o raquitismo jovem, a osteomalacia (raquitismo adulto), a osteoporose e a tetania (hipocalcemia) que é mais comumente observada em animais leiteiros (Thompson e Werner, 1976).

Em casos de suplementação excessiva de cálcio, quando o intestino não consegue prevenir a absorção do excesso de Ca, podem surgir sintomas de toxidez tais como a hipercalcemia, excesso na secreção de calcitonina e anormalidades nos ossos, como os ossos densos, condições chamadas de osteopetrose (Krook et al., 1969). Pode ocorrer também a deposição de cálcio nos tecidos como os tendões que conectam os músculos aos ossos (Almeida Filho, 2016) e a formação de cálculos renais (Maynard et al, 1984).

2.1.2 Fósforo

O fósforo é o segundo elemento mineral mais abundante no corpo animal e cerca de 80% é encontrado nos dentes e ossos, onde é necessário para a formação da matriz óssea. O restante (20%) é amplamente distribuído nos fluidos e tecidos moles do corpo onde atende a uma série de funções essenciais (Suttle, 2010).

Nos tecidos moles, o fósforo desempenha tanto funções estruturais como metabólicas, sendo um componente dos fosfolípidios (que são essenciais para fluidez e integridade da membrana celular), DNA (ácido desoxirribonucleico), RNA (ácido ribonucleico), nucleotídeos e cofatores enzimáticos (NRC, 2005). Nos fluidos celulares, aproximadamente 30% do fósforo existe como íons de fosfato inorgânicos que ajudam a manter a pressão osmótica, o equilíbrio ácido-base, a atividade dos neurônios e o apetite (Berner, 1997). O fósforo também desempenha papel vital na utilização e transferência

de energia via AMP (adenosina monofosfato), ADP (adenosina difosfato) e ATP (adenosina trifosfato), com implicações para a gliconeogênese, transporte de ácidos graxos, síntese de aminoácidos e proteínas e atividade da bomba de íons de sódio/potássio (Suttle, 2010).

Os ruminantes diferem acentuadamente dos não ruminantes, pois a presença de fitase microbiana no rúmen permite que os mesmos utilizem grande parte do fósforo presente como fitatos em grãos. Nesses animais, o fósforo é requerido pelos microrganismos ruminais, para a digestão da celulose (Burroughs et al., 1951) e síntese de proteína microbiana (Breves e Schroder, 1991).

Diferentemente do cálcio, a absorção do fósforo ocorre de maneira mais eficiente visto que 70% do fósforo ingerido são absorvidos e 30% são excretados (Almeida Filho, 2016). Desde que o fósforo esteja presente em formas absorvíveis na dieta, é, como outros ânions, amplamente absorvido, mesmo quando fornecido em excesso (Challa e Braithwaite, 1989). A absorção do fósforo ocorre principalmente no intestino delgado proximal (Bown et al., 1989; Yano et al., 1991), de forma ativa e passiva (Almeida Filho, 2016).

A medição do fósforo absorvido em ruminantes é complicada, pois grande parte deste mineral é secretada na saliva durante o processo de ruminação, o que aumenta muito o fluxo de fósforo no rúmen (Tomas et al., 1973). A absorção do fósforo salivar é tão eficiente (70-80%) quanto à do fósforo inorgânico (Challa et al., 1989; AFRC, 1991), permitindo uma considerável reciclagem deste mineral. Assim, as fezes, principal via para a excreção do fósforo, possui duas frações: uma exógena composta pelo fósforo da dieta que não foi absorvido e outra endógena, composta principalmente pela saliva, sucos gástricos e restos celulares (Bravo et al., 2003).

A secreção do fósforo salivar é determinada pela concentração de fósforo na saliva, que por sua vez é altamente correlacionado com o fósforo plasmático (Challa et al., 1989; Valk et al., 2002). Fatores como o consumo de matéria seca, forma física e conteúdo de fósforo na dieta podem influenciar o conteúdo do plasma e do fósforo salivar, mas as perdas endógenas fecais irreduzíveis continuam a ser a fonte predominante de fósforo fecal (Breves et al., 1985).

Em estudo que avaliou a dinâmica do fósforo no organismo de cordeiros Santa Inês alimentados com dietas com diversas concentrações deste mineral, Borges et al. (2008) observaram correlações positivas entre o aumento do consumo de fósforo e os

teores desse mineral no plasma ($r = 0,64$), na saliva ($r = 0,86$), no conteúdo ruminal ($r = 0,82$), nas fezes ($r = 0,92$) e na urina ($r = 0,37$), comprovando que, quando absorvido o fósforo é distribuído no corpo pelo plasma. Após a saturação no organismo, o excesso é secretado via saliva, segue para o rúmen e, ao chegar ao intestino, é reabsorvido em menor quantidade e excretado via fezes. À medida que se aumentaram as quantidades de fósforo na dieta, verificou-se aumento expressivo dos teores desse mineral na saliva, no plasma, no conteúdo ruminal e nas fezes.

Não há um consenso se existe alguma regulação hormonal específica e eficaz do metabolismo do fósforo. Sabe-se que a secreção de PTH melhora a reabsorção de fósforo, enquanto a hipercalcemia, que geralmente acompanha a deficiência de fósforo, inibe a secreção de PTH. A vitamina D e seus análogos podem melhorar a absorção e retenção de fósforo, porém os efeitos podem ser secundários, quando comparados com ação desta vitamina no metabolismo do cálcio (Underwood e Suttle, 1999). Em ovinos, infecções no intestino delgado (por exemplo, por *Trichostrongylus colubriformis*) podem reduzir a absorção de fósforo dietético e endógeno em cerca de 40% e induzir hipofosfatemia, mas as infecções do abomaso (por exemplo, por *Ostertagia circumcincta*) têm pouco ou nenhum efeito (Wilson e Field, 1983).

Assim como para o cálcio, a estimativa do requisito de fósforo para animais em crescimento é baseada no desenvolvimento e crescimento do tecido ósseo e dos tecidos moles e nas evidências de que a deposição deste elemento no corpo decresce à medida que o animal se torna adulto (AFRC, 1991). A secreção endógena de fósforo pela saliva bem como a perda fecal endógena de fósforo e a relação cálcio e fósforo também devem ser consideradas na determinação das exigências deste mineral visto que as mesmas variam em função do consumo, do tipo de alimento e do peso do animal (Vitti, 2000).

Louvandini e Vitti (1994), em estudos que determinaram as perdas endógenas mínimas e a exigência de fósforo em ovinos, observaram que o valor da perda endógena esteve dentro da faixa preconizada pelo NRC (1985). Dias et al. (2007), trabalhando com ovinos da raça Santa Inês, observaram perda fecal endógena de fósforo de 30 mg/kg de peso vivo/dia, superior ao valor de 20 mg/kg de peso vivo/dia adotado pelo NRC (1985).

O coeficiente de absorção usado pelo NRC (2001) para estimar as exigências dietéticas de fósforo para ruminantes é de 0,7 para concentrados e 0,64 para forrageiras, ao invés de 0,58 para todos os alimentos, como preconizado pelo AFRC (1991).

Underwood e Suttle (1999) usaram um coeficiente de absorção do fósforo de 0,74 para todos os alimentos, dando estimativas mais baixas de exigência de fósforo do que a NRC (2001). Em revisão feita por Suttle (2010), esses valores não variaram muito, sendo 0,74 o coeficiente de absorção do fósforo para forragens secas, e 0,80 para as gramíneas, forragens suculentas e concentrados, já o CSIRO (2007) adotou o valor de 0,70.

A deficiência clínica de fósforo, principalmente de animais a pasto, já foi muito comum no Brasil, visto que os solos e as forrageiras são na maioria das vezes pobres em fósforo. Sinais de deficiência deste mineral não são facilmente reconhecidos, exceto em casos severos de privação (Conrad et al., 1985). A primeira evidência de deficiência desse elemento é a queda do fósforo inorgânico do plasma a níveis abaixo dos normais. Em consequência, os ossos e dentes tornam-se frágeis levando ao crescimento anormal, há perda de apetite (anorexia) e alguns animais podem ter apetite depravado (pica), há perda de peso e podem surgir problemas reprodutivos (Thompson e Werner, 1976).

A toxidez por fósforo é rara, uma vez que os ruminantes, de uma maneira geral são bastante eficientes em excretar o excesso de fósforo absorvida através da secreção salivar e da excreção fecal (Challa et al., 1989), e em menor importância, através da urina (NRC, 2001). Na maioria dos casos, as ocorrências de toxidez pela alimentação com excesso de fósforo em longo prazo, podem surgir problemas no metabolismo do cálcio, induzindo a reabsorção óssea excessiva e cálculos urinários (NRC, 1980). Fosfatos suplementares administrados em grandes doses orais não são considerados tóxicos, resultando em diarreia leve e desconforto abdominal (NRC, 2001).

2.1.3 Potássio

O potássio é o terceiro mineral mais abundante no corpo animal, depois do cálcio e do fósforo, e o principal íon intracelular nos tecidos (Suttle, 2010), estando envolvido na manutenção do equilíbrio ácido/base, na regulação da pressão osmótica, na transmissão de impulsos nervosos, na contração muscular, no transporte de oxigênio e dióxido de carbono, na fosforilação da creatina, na atividade da piruvato quinase, ativador ou cofator em muitas reações enzimáticas, na captação celular de aminoácidos

e síntese de proteínas, no metabolismo de carboidratos e na manutenção dos tecidos cardíaco e renal (NRC, 1980; Stewart, 1981; Hemken, 1983; NRC, 2001).

A absorção do potássio ocorre em todo o trato digestivo, incluindo o rúmen, o omaso e a parte superior do intestino delgado e grosso, sendo mais intensa no intestino delgado (Almeida Filho, 2016). Por estar na forma de íons simples e prontamente disponíveis para absorção (Emanuele e Staples, 1990), a maioria das fontes de potássio são altamente solúveis e quase completamente absorvidas, independentemente da quantidade ingerida (Miller, 1995). Segundo Hemken (1983), a digestibilidade verdadeira desse mineral situa-se em torno de 95% ou mais para a maioria dos alimentos.

A regulação do balanço de potássio no organismo é realizada principalmente pelos rins, sob a influência do hormônio aldosterona, que estimula a excreção renal do potássio (Kem e Trachewsky, 1983). Entretanto, os mecanismos não são tão eficazes como os de sódio, o que faz com que o potássio plasmático aumente em resposta ao aumento do potássio dietético (Suttle, 2010).

Nos ruminantes, o potássio é o principal cátion presente na secreção do suor, possivelmente devido à elevada proporção desse elemento nas dietas baseadas principalmente em forragens (Bell, 1995). As perdas geralmente elevam-se com o aumento da temperatura ambiental e podem variar de espécie para espécie. O potássio também é o cátion mais secretado no leite (36 mmol L⁻¹ em ovelhas e em vacas) e as concentrações não aumentam quando o consumo desse mineral é elevado, mas diminuem ligeiramente durante a privação grave do mesmo (Pradhan e Hemken, 1969). A saliva também constitui uma via para a secreção do potássio, uma vez que o rúmen atua realizando a reciclagem de grandes quantidades desse mineral.

Alguns trabalhos têm demonstrado decréscimo na concentração de potássio no corpo vazio de cordeiros em crescimento (Grace, 1983; Ferreira et al., 1998; Signoretti et al., 1999; Gerassev et al., 2001), o que pode estar relacionado com o aumento na concentração de gordura corporal à medida que aumenta o peso vivo dos animais. O ARC (1980), no entanto considerou a concentração de minerais no conteúdo corporal constante e independente do aumento de peso, o que foi observado no experimento conduzido por Gonzaga Neto et al. (2005), que obtiveram pouca variação na composição de potássio por Kg de ganho de peso de corpo vazio de ovinos Morada Nova abatidos com diferentes pesos. Essa constância na proporção de potássio também

foi observada por Cabral (2007) que trabalhou com cordeiros Santa Inês em crescimento.

Diferentemente dos estoques de cálcio, fósforo e magnésio nos ossos, não há reservas de potássio no corpo já que a maior parte do mesmo está presente nos fluidos corporais, além dos músculos e do tecido nervoso, e por isso este mineral deve ser fornecido constantemente evitando assim, deficiências e conseqüentemente, disfunções celulares. A deficiência de potássio no organismo é de rara ocorrência, uma vez que este elemento é muito abundante nas forragens consumidas pelos animais (Uderwood e Suttle, 1999). Entretanto, ela pode acontecer, ocasionalmente, quando os animais que estão em confinamento são alimentados com rações ricas em concentrados (Almeida Filho, 2016) ou quando há estresse por calor. Sinais de depleção de potássio não são específicos e incluem crescimento retardado, decréscimo no consumo de alimento e água, fraqueza muscular, desordens nervosas, depauperamento, rigidez e paralisia (Conrad et al., 1985).

Os problemas nutricionais comumente apresentados pelo potássio envolvem excesso em vez de deficiência, principalmente quando se trata da inter-relação do mesmo com o magnésio e com o cálcio. Distúrbios fisiológicos que podem levar a situações que têm o potencial de causar toxicoses de potássio incluem a diminuição da excreção renal de potássio, acidose, hipoaldosteronismo, deficiência de insulina, lesão celular, drogas e genética (Kaufman e Papper, 1983; NRC, 2005). Sob certas condições, sais de sódio podem reduzir os efeitos do alto teor de potássio na dieta (NRC, 1980).

2.1.4 Sódio

O corpo animal contém cerca de 1,3 g Na kg⁻¹ peso, dos quais cerca de um terço está nos ossos e o restante nos fluidos extracelulares (CSIRO, 2007). Esse cátion atua juntamente com o potássio mantendo a pressão osmótica, o equilíbrio ácido-base e o controle do metabolismo da água no corpo (Suttle, 2010), além de ser um constituinte do suco pancreático, da bile, do suor e das lágrimas e estar associado à contração muscular e à função nervosa.

Aproximadamente 85% do sódio consumido é absorvido pelo trato gastrointestinal (NRC, 2005). Em ovinos e bovinos, o sódio é absorvido principalmente

no intestino grosso, de forma rápida e acoplada com a absorção do íon cloreto (Martens e Blume, 1987). A captação de sódio a partir do lúmen intestinal é conseguida por acoplamento à absorção de glicose e aminoácidos através de cotransportadores e também por permuta com íons de hidrogênio (H^+) (Harper et al., 1997). O rúmen, por sua vez, normalmente não é um local de absorção de sódio.

A maior parte do sódio que entra no trato gastrointestinal vem da saliva dos ruminantes, que, por sua vez, secretam em torno de $0,3 \text{ L kg}^{-1}$ de peso vivo dia^{-1} de saliva, contendo $150 \text{ mmol de sódio L}^{-1}$ como o cátion principal. O sódio também é perdido através de secreções da pele, mas há grandes diferenças entre as espécies. O leite de ovinos contém cerca de 17 mmol L^{-1} de sódio, sendo o mesmo também uma via de secreção do mineral (Suttle, 2010).

A excreção do sódio em excesso é feita pela urina, através dos rins, e é controlada pela interação de vários hormônios. O hormônio principal, aldosterona, é secretado pelas glândulas adrenais em resposta a um declínio na concentração de sódio no plasma ou pressão sanguínea sistêmica, provocando aumento da conservação renal de sódio enquanto aumenta a excreção renal de potássio (NRC, 2005). Segundo (Greene et al., 1983), a suplementação de potássio eleva a excreção urinária e diminui a excreção fecal de sódio em ovinos e bovinos. O potássio incrementa a resposta da aldosterona ovina à depleção de sódio (Humphery et al., 1984), mas a aldosterona normalmente reduz a excreção urinária de sódio.

A concentração de sódio no corpo, assim como para o potássio, tende a reduzir com o crescimento animal, o que pode estar associado ao efeito de diluição provocado pelo aumento da gordura corporal, uma vez que a mesma tem baixo teor de minerais. Apesar disso, alguns autores (Trindade, 2000; Gonzaga Neto et al, 2005) observaram proporção corporal constante do mineral no corpo ao longo do crescimento animal.

As forrageiras, bem como os concentrados utilizados na alimentação animal são em sua maioria pobres em sódio (Berger, 1990; Suttle, 2010). Além disso, o uso excessivo de fertilizantes potássicos no solo, os climas tropicais ou quentes, condições de semiáridos, causando grandes perdas de água e sódio no suor são fatores que podem levar ao quadro de deficiência de sódio, ocasionando sintomas tais como elevado desejo por sal comum, o qual é demonstrado pela avidéz do animal em lambar madeira, solo e suor de outros animais; perda de apetite, crescimento retardado, aparência não saudável, decréscimo na produção de leite e perda de peso. Esse *déficit* de sódio pode ser suprido

facilmente através do fornecimento de sal comum *ad libitum* e recomenda-se que as rações para confinamento, contêm 0,25% de sal (Conrad et al, 1985). ARC (1980) e o NRC (2007) consideram como 0,91 o coeficiente de absorção do sódio e o requerimento desse mineral para ganho de peso em ovinos de 1,1 g/kg de ganho de peso vivo.

Tem sido relatado que algumas doenças também podem levar à deficiência de sódio no organismo, como no trabalho de Oosterhuis (1991) onde foi observado que cordeiros desmamados infectados com nematoides intestinais e abomasais foram diagnosticados com deficiência de sódio, o que levou a sugerir que as infecções induziram a deficiência pelo aumento do efluxo de sódio para dentro do abomaso, associado também com a inibição da absorção de sódio no intestino de cordeiros com diarreia. Alguns animais são capazes de contornar a situação de deficiência de sódio, o que foi demonstrado por Denton e Sabine (1961) em estudo no qual ovelhas com deficiência de sódio eram capazes de corrigir suas carências selecionando soluções de bicarbonato de sódio ou de cloreto de sódio para beber. O bicarbonato de sódio foi tão efetivo na recuperação do animal carente quanto o cloreto de sódio, indicando que o elemento realmente carente era o sódio.

A maioria dos animais pode tolerar grande quantidade de sal (NaCl) na dieta, desde que um fornecimento adequado de água esteja sempre disponível (Conrad et al., 1985; NRC, 2005). Caso contrário, podem surgir sintomas de toxicidade que incluem baixo consumo de alimento e água, distúrbios digestivos brandos, baixa taxa de ganho de peso e diarreia (Conrad et al., 1985). Segundo Peirce (1957) os ovinos são tolerantes a concentrações de sal na água menor do que 1%, mas são muito sensíveis quando essa concentração aumenta para 2% o que pode causar severa redução na ingestão de alimento e possivelmente, morte. Para Almeida Filho (2016) o excesso de sal associado à restrição de água também pode causar andar cambaleante, cegueira e hipertensão.

2.1.5 Magnésio

Cerca de 70% do magnésio corporal está associado com o esqueleto, 25% com a massa do músculo esquelético e o restante está amplamente distribuído nos vários

fluidos corporais (Grace, 1983; Maynard et al., 1984). É o segundo mineral mais abundante nos tecidos moles, perdendo apenas para o potássio (Suttle, 2010).

A maior parte do magnésio (80%) está ligada às proteínas, atuando como catalizador de várias enzimas, facilitando a união de substrato e enzima (Ebel e Günther, 1980). Esse mineral é necessário para a respiração celular e transferência de fosfato entre ATP, ADP e AMP. O magnésio extracelular é vital para a condução nervosa normal, função muscular e formação mineral óssea (NRC, 2005).

Em pré-ruminantes, o principal local de absorção do magnésio é o intestino grosso, enquanto nos adultos o mineral é absorvido no retículo-rúmen (Pond et al., 1995). Em ovinos, a absorção desse mineral a partir do rúmen aumenta à medida que as concentrações do mesmo no rúmen aumentam (Suttle, 2010) e a solubilidade no rúmen diminui de 80% para 20%, aproximadamente, quando o pH é aumentado de cinco para sete (Dalley et al., 1997).

Ânions como sulfatos e cloretos, além de suplementos potássicos, podem diminuir a absorção aparente do magnésio, ao passo que o sódio diminui a diferença de potencial do epitélio ruminal, aumentando a absorção do magnésio no rúmen (Martens e Blume, 1986). Newton et al. (1972) em trabalho conduzido para avaliar os efeitos da alta ingestão de potássio na dieta sobre o metabolismo do magnésio em cordeiros observaram que a absorção média do magnésio foi de 49,1% e 26,4% para os animais alimentados com os níveis baixos e altos de potássio, respectivamente.

Com relação às interações entre magnésio, cálcio e fósforo, Chicco et al. (1973) verificaram que em dietas para ovinos com alto teor de cálcio há decréscimo de magnésio no plasma e no osso, aumento de cálcio no plasma e tendência de redução de fósforo no plasma. Já a dieta rica em magnésio, reduziu o nível de cálcio no plasma e, ligeiramente, o de fósforo. O fósforo da dieta, por sua vez teve pouco efeito sobre a utilização do magnésio. Entretanto, Dulton e Fontenot (1967) constataram que o decréscimo de magnésio no soro sanguíneo de ovinos para dietas baixas em magnésio e o aumento para as dietas altas em magnésio, foram mais acentuadas quando o fósforo inorgânico foi empregado, havendo, portanto, interação significativa entre nível de magnésio e forma do fósforo na dieta.

Há um consenso geral de que as fezes não são a via para a excreção do excesso de magnésio da dieta (Underwood e Suttle, 1999), sendo tal função realizada pela urina após a reabsorção pelos rins, o que minimiza a perda de reservas do organismo. A

aldosterona, hormônio secretado pela glândula adrenal, ajuda a regular a taxa de magnésio nos rins (Almeida Filho, 2016).

Além dos fatores já citados, os requisitos diários de magnésio também variam com as espécies, idade e taxa de crescimento ou produção, mas a baixa eficiência com que o mesmo é absorvido é o principal determinante das necessidades desse mineral (Suttle, 2010). O ARC (1980) e NRC (2007) preconizaram que o coeficiente de absorção do magnésio é 0,17, bem inferior ao valor de 0,66 observado por Goularte (2014) que avaliou as exigências e a biodisponibilidade de macro e micro minerais bem como a composição mineral do ganho de peso corporal para cordeiras mestiças lanadas. Segundo este último, isto evidencia que possivelmente houve menor excreção fecal de magnésio e sua maior retenção nos tecidos ósseo e muscular, justificando os níveis mais elevados deste elemento encontrados na composição corporal. Os resultados contrastantes também podem estar relacionados com as perdas endógenas, que estão associadas com consumo de matéria seca maior ou menor, que afetam diretamente as exigências de manutenção de minerais (Valadares Filho et al., 2010; Patiño et al., 2012) e não foram consideradas no trabalho de Goularte (2014).

Para animais em crescimento, Cabral (2007) observou que o magnésio manteve as mesmas proporções nos diferentes pesos de abate de cordeiras Santa Inês em pastejo, o que corrobora com os resultados obtidos por Gonzaga Neto et al. (2005), ao trabalhar com ovinos Morada Nova. Entretanto, os valores encontrados por Trindade (2000) variaram, o que pode ser decorrente das diferenças existentes na proporção de ossos, músculos e gordura do corpo dos animais estudados, a qual altera em razão do sistema de manejo, região e época do ano.

A deficiência de magnésio nos trópicos é rara, uma vez que as espécies forrageiras predominantes contêm magnésio em quantidade suficiente para satisfazer as necessidades dos animais em pastejo. Entretanto, elevadas adubações potássicas associadas a altas temperaturas, bem como altos níveis de cálcio e o excesso de fósforo podem levar a uma carência induzida de magnésio (Cardoso, 1992) conhecida como tetania hipomagnesêmica ou tetania das pastagens (Almeida Filho, 2016).

As concentrações de magnésio no plasma, no soro sanguíneo e também na urina são critérios usados para estabelecer se há ou não a deficiência de magnésio (Conrad et al, 1985). Em ovinos os sinais de tetania não estão tão definidos como para os bovinos e podem ser confundidos com a hipocalcemia ou toxemia da gestação. As ovelhas

afetadas respiram rapidamente e seus músculos tremem. Algumas não podem se mover, enquanto outras se movem com um andar rígido e desajeitado, podendo eventualmente entrar em colapso e espasmos tetânicos com as pernas rigidamente estendidas (Suttle, 2010).

Segundo o NRC (2005), a toxicidade do magnésio é relativamente baixa e quantidades muito elevadas podem ser administradas aos animais sem efeitos nocivos se os rins estiverem funcionando normalmente. A inapetência é o principal problema observado quando há magnésio em excesso na dieta. Além disso, como apenas uma pequena fração do magnésio dietético é absorvido, o fornecimento de elevadas quantidades desse mineral pode também provocar diarreias osmóticas nos animais.

2.2 Modelagem matemática aliada à nutrição animal

Os modelos são representações matemáticas dos mecanismos que governam fenômenos naturais (Tedeschi, 2006) e a modelagem, por sua vez, é o conjunto de processos e meios usados na construção de modelos (Fontoura Júnior et al., 2007). Ambos se tornaram ferramentas indispensáveis de apoio à tomada de decisão nos sistemas de produção animal.

A modelagem matemática tem colaborado cada vez mais com a obtenção de novas informações nas áreas de nutrição e produção animal, principalmente em situações de limitação de recursos para a pesquisa científica, envolvendo grande número de unidades experimentais. Além da rapidez e do baixo custo, a utilização de modelos matemáticos pode permitir a maximização da produção animal e ao mesmo tempo minimizar os impactos ambientais através da redução da excreção de nutrientes de maneira economicamente viável (Chizzotti et al., 2012).

Um dos princípios mais importantes da modelagem é que a mesma seja o mais simples possível, já que por definição, os modelos são simplificações intencionais da realidade (Rothemberg, 1989). A classificação dos mesmos é feita quanto ao tipo de equações que o constituem (lineares e não lineares), quanto ao grau de explicação que estimam ou descrevem (empíricos e mecanistas), quanto à forma com que tratam as mudanças ocorridas em relação ao tempo físico (dinâmicos e estáticos) e quanto ao

tratamento estatístico de suas variáveis e parâmetros (estocásticos e deterministas) (Fialho, 1999; Caixeta Filho, 2000; Thornley, 2001, Fontoura Júnior et al., 2007).

A primeira etapa para o desenvolvimento de um modelo matemático é definição dos objetivos do mesmo. Com isso, é feita a escolha do sistema, a formulação de hipóteses qualitativas e/ou quantitativas, a determinação dos parâmetros, e as avaliações (Sauvant, 1992). A análise gráfica é realizada para permitir entendimento do comportamento do sistema e facilitar a formulação das hipóteses. Por fim, é feita a avaliação de modelos a qual consiste na verificação da acurácia e precisão das estimativas (Tedeschi, 2006).

2.3 Crescimento animal e alometria

O crescimento compreende transformações no tamanho e na estrutura do corpo, que acontecem no decorrer da vida produtiva (Hammond, 1966). Assim, a composição corporal sofre alteração à medida que o animal cresce e desenvolve-se, o que está relacionado à taxa de crescimento dos distintos tecidos (gordura, músculo e osso) que, por sua vez, pode variar em função de fatores como sexo, grupo genético, manejo alimentar e maturidade. De acordo com Santos et al. (2001), o ritmo de crescimento dos diferentes tecidos pode variar de uma região da carcaça para outra, o que indica que o crescimento tecidual não ocorre de forma isométrica, ou seja, cada um terá um impulso de crescimento em distintas fases da vida do animal (Ensminger et al., 1990).

Em cordeiros, o crescimento desde o nascimento, em condições ambientais adequadas, é descrito por uma curva sigmoide, havendo aceleração da sua velocidade até que a puberdade seja atingida, diminuindo gradativamente até a maturidade (Prescott, 1982). O tecido ósseo apresenta crescimento mais precoce; o muscular, intermediário; e o adiposo, mais tardio, de acordo com a maturidade fisiológica (Hammond, 1960).

Os modelos matemáticos têm sido cada vez mais utilizados para descrever a curva de crescimento animal para a obtenção de informações em alguns pontos estratégicos do desenvolvimento ponderal e descrever a evolução da deposição de tecidos e de nutrientes no corpo em função da idade e/ou do peso animal. Neste contexto tem-se o estudo alométrico como ferramenta de auxílio, que está baseado,

principalmente, no fato de que o desenvolvimento corporal é uma função do peso e não do tempo necessário para alcançá-lo (Ávila e Osório, 1996). Por isso, o abate de animais com determinada amplitude de variação de peso corporal, realizado sequencialmente, tem sido um dos métodos mais utilizados para descrever o crescimento relativo dos componentes da carcaça (Berg e Butterfield, 1966).

Alometria (do grego *állos*, outro; diferente + *métron*, medida) é definida como o desenvolvimento desproporcional de uma parte do organismo em relação ao conjunto do indivíduo. O crescimento de uma das partes ocorre a uma taxa exponencial em relação à outra parte. Ademais, a alometria nos fornece uma descrição dinâmica e não estática da espécie que ela descreve ao longo de seu pleno crescimento e não apenas num determinado momento de sua vida (Mayrat, 1970).

Segundo Santos (1999), a alometria, ao explicar parte das diferenças quantitativas entre os animais, pode ser um parâmetro eficaz no estudo da carcaça e de seus componentes. O estudo alométrico proporciona descrição quantitativa da relação entre uma parte e o todo e, apesar de não registrar detalhes, é importante por agregar todas as informações em um só valor (Berg e Butterfield, 1966).

Em suma, o conhecimento do ritmo de crescimento dos distintos tecidos e regiões da carcaça bem como a retenção de nutrientes nos mesmos podem contribuir para que as estimativas das exigências nutricionais sejam mais acuradas, e, conseqüentemente, tornem o sistema produtivo mais viável sob vários aspectos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Este projeto teve sua aprovação na Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) na UFMG segundo o Protocolo nº 197/2010, intitulado “Composição corporal e exigências nutricionais de fêmeas Santa Inês do desmame à puberdade”, aprovado em 01/12/2010.

3.1 Local de realização do experimento

A parte do experimento com as cordeiras foi realizada nas dependências dos Laboratórios de Calorimetria e Metabolismo Animal (LAMACA) do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), entre dezembro de 2010 e março de 2011 e as análises laboratoriais para a determinação da composição corporal de minerais foram realizadas no laboratório de Nutrição Animal do mesmo departamento em 2016.

3.2 Animais e instalações

Foram utilizadas 50 fêmeas da raça Santa Inês adquiridas em duas propriedades do estado de Minas Gerais. Os animais do grupo de abate com 20 kg foram adquiridos com peso vivo inicial de $17,51 \pm 2,04$ kg e recém-desmamados em torno de 70 dias. Os animais do grupo de abate aos 30 kg foram adquiridos com peso inicial de $16,18 \pm 2,90$ kg e idade média de 118 dias. Os animais do grupo de abate aos 40 kg foram adquiridos com peso vivo inicial de $21,16 \pm 2,23$ kg e idade média de 121 dias. Os animais restantes foram divididos em três grupos e para cada faixa de peso foi abatido um grupo de animais compondo os animais do grupo referência (Tabela 1).

Tabela 1 - Distribuição dos animais conforme pesos de abate e regimes alimentares

Pesos de abate	Animais referência	Regimes alimentares		Total
		<i>Ad libitum</i>	Restrito	
20 kg	5	6	6	17
30 kg	6	6	4	16
40 kg	5	6	6	17
Total	16	18	16	50

Ao serem recepcionados no LAMACA, os animais foram submetidos à avaliação clínica e em seguida procedeu-se a pesagem e avaliação da condição de escore corporal dos animais, os quais foram posteriormente identificados com brincos plásticos numéricos afixados na orelha, pesados e vermifugados. As cordeiras foram alojadas individualmente em gaiolas de metabolismo, alocadas em galpão de alvenaria coberto, com piso concretado e cimentado, dotadas de comedouros, bebedouros, saleiros plásticos e dispositivos apropriados para coleta de urina e fezes, onde permaneceram durante todo o período experimental.

Ao chegar às dependências do LAMACA, o manejo diário consistia na limpeza do piso da sala onde estavam alocadas as gaiolas de metabolismo, seguindo pela retirada das sobras referentes aos alimentos fornecidos do dia anterior. A quantificação dessas sobras foi importante para o estabelecimento do consumo diário pelos animais. Os baldes de água eram diariamente retirados das gaiolas e após mensuração do volume de água eram lavados e adicionado um volume de quatro litros de água para os animais consumirem. Um balde com volume de quatro litros de água foi colocado no galpão para quantificar a evaporação e realizar as correções do consumo de água, tendo suas perdas diárias aferidas. O sal mineral foi fornecido para garantir um consumo à vontade, sendo as sobras diariamente pesadas para determinação do consumo. Semanalmente procedia-se a pesagem dos animais e avaliação do escore de condição corporal, após período de jejum de 16 horas, para acompanhamento do ganho de peso dos animais e ajustes no consumo diário.

3.3 Manejo nutricional dos animais experimentais

No início do experimento, os animais passaram por um período de adaptação ao manejo nutricional, local e condições do ensaio experimental por \pm 40 dias. Para os animais abatidos aos 20 kg de peso vivo o período de adaptação foi mais curto, de 10 dias. Os alimentos utilizados na formulação da ração experimental consistiram de feno de capim Tifton 85 (*Cynodon dactylon* spp.), milho moído, farelo de soja, fosfato bicálcico, calcário calcítico e bicarbonato de sódio. O suplemento mineral ofertado aos animais era específico para ovinos (Ovinofós, Tortuga®) e fornecido à vontade assim como a água. A composição percentual dos constituintes da dieta experimental está apresentada na Tabela 2. A ração experimental foi formulada baseada em estimativa de ganho de 300 g/dia para cordeiros, obtida pelo sistema SRNS (Cannas et al., 2004). Na Tabela 3 estão apresentadas a composição centesimal e bromatológica dos alimentos que compuseram a ração experimental.

O fornecimento da ração foi feito diariamente em duas refeições iguais, às oito e às 17 h, de maneira que a quantidade fornecida foi ajustada semanalmente de acordo com o consumo dos animais alocados no grupo *ad libitum*. O consumo médio dos animais de consumo *ad libitum*, por unidade de tamanho metabólico (UTM) era

multiplicado por 1,15 para permitir 15% de sobra para os animais deste grupo, e, inicialmente, por 0,85 para obter-se a oferta destinada ao grupo restrito. Desta forma, por exemplo, se o consumo médio dos animais *ad libitum* do grupo *ad libitum* fosse 100 g UTM⁻¹, a oferta individual dos animais restritos do mesmo grupo seria 85 g UTM⁻¹ e dos animais *ad libitum* seria 115 g UTM⁻¹. O controle do ganho de peso dos animais foi realizado durante a semana, pois a dieta experimental foi elaborada e fornecida para proporcionar um ganho de peso leve para os animais do grupo restrito tentando-se estabelecer uma condição de retenção de energia igual a zero. A dieta também foi fornecida para o grupo de animais *ad libitum* com ganho de peso à vontade (os animais desse grupo representavam os animais *ad libitum*). A distribuição dos animais nos respectivos grupos, *ad libitum* e restrito, está descrito na Tabela 1.

Tabela 2 - A composição percentual do suplemento concentrado e relação concentrado volumoso (C:V) presentes na dieta experimental

Concentrado	% na Matéria natural
Farelo de milho	51,52
Farelo de soja	44,87
Fosfato bicálcico	0,15
Calcário	1,84
Bicarbonato de sódio	1,62
Concentrado	55,44
Volumoso	44,56

Tabela 3 - Composição bromatológica dos alimentos e dieta experimental

Nutriente	Concentrado	Volumoso	Dieta
Matéria Seca (% da MN)	88,23	88,84	88,50
Matéria Orgânica (%)	80,00	82,84	81,26
Matéria Mineral (%)	8,24	6,00	7,24
Fibra em detergente Neutro (%)	12,42	62,18	34,59
Fibra em detergente Ácido (%)	5,23	31,04	16,74
Proteína Bruta (%)	31,5	10,31	22,05
Extrato Etéreo (%)	3,74	1,93	2,93
Carboidratos não fibrosos (%)	44,1	19,58	33,19
Energia Metabolizável (kcal/kg)	-	-	2316,03

MN = Matéria natural; Energia metabolizável média do experimento, sendo a produção de metano estimada pelo modelo descrito por Blaxter e Clapperton (1965).

Os animais receberam uma mistura mineral comercial durante todo o período experimental cuja composição era de 12% cálcio, 8,7% fósforo, 14,7% sódio, 1,8% enxofre, 0,18% ferro, 0,38% zinco, 0,13% manganês, 0,059% cobre, 0,004% cobalto, 0,002% cromo, 0,03% molibidênio, 0,0015% selênio, 0,008% iodo, 0,087% flúor.

3.4 Abate e amostragem dos órgãos e vísceras

3.4.1 Período pré-abate

O dia do abate foi decidido com base na data em que cada animal alimentado em regime *ad libitum* alcançaria sua meta de peso (ou seja, 20, 30 ou 40 kg) de acordo com os seus próprios registros de pesagem anteriores. Simultaneamente, procedia-se o abate de um animal do grupo restrito, previamente selecionado. Na noite anterior ao abate, os animais foram submetidos a jejum (16 horas) de alimentos sólidos com livre acesso a água e, na manhã seguinte, eles foram pesados para a obtenção do peso em jejum e foi feita a avaliação do escore de condição corporal de acordo com a escala de 1 a 5 do NRC (2007).

3.4.2 Procedimentos de abate

O abate dos animais seguiu as recomendações feitas pelo CEUA-UFMG, protocolo nº 197/2010 e ocorreram ao final do ensaio experimental. Após a etapa de pré-abate, as cordeiras foram insensibilizadas conforme procedimentos adotados pelo CEUA-UFMG, içadas e penduradas pelos membros posteriores e sangradas pela secção das veias jugulares e artérias carótidas.

3.4.3 Evisceração das ovelhas

Após o abate dos animais, realizou-se a separação dos diferentes componentes do corpo animal, totalizando oito componentes corporais, conforme descrito na Tabela 4. A coleta total de sangue foi realizada por meio da utilização de um balde plástico contendo um saco plástico que foi posto próximo ao local da incisão até cessar do fluxo do sangue. Parte desse sangue foi amostrada, e a amostra foi pesada, identificada e armazenada em câmara fria a uma temperatura de -18°C. Posteriormente a sangria, realizou-se a esfolagem dos animais e a retirada da glândula mamária separando-se a mesma da pele. A esfolagem dos animais foi realizada pela retirada completa da pele sem

componentes musculares e adiposos subcutâneos. Após o procedimento, a pele e a glândula mamária foram pesadas, identificadas e armazenadas a -18°C .

Tabela 4 – Componentes corporais e seus constituintes

Compartimento	Componentes
Cabeça e membros	Cabeça: seccionada no atlas Membros: anteriores (rádio, ulna, carpo e metacarpo) e posteriores (tíbia, fíbula, tarso e metatarso)
Carcaça	-
Glândula mamária	-
Gordura	Gorduras omental, mesentérica, perirrenal e pericárdica
Pele	-
Trato gastrointestinal (TGI)	Rúmen, retículo, omaso, abomaso, intestino delgado e intestino grosso
Útero	-
Vísceras	Bexiga, vesícula, fígado, pâncreas, rins, baço, língua, coração, pulmão, diafragma, traqueia e esôfago e sangue

As vísceras foram retiradas na etapa de evisceração, colocadas inicialmente em caixa plástica de polietileno para separação em bancada e subdivididas em dois compartimentos denominando-se, trato gastrointestinal e vísceras. Durante o procedimento, evitou-se a perda de conteúdo interno dos estômagos e intestinos por amarraduras realizadas nas junções específicas da peça anatômica em estudo. Durante a separação do estômago, foram feitas amarraduras na região esofágica, próxima à cárdia. Para a separação dos intestinos, ao serem separados do abomaso, o intestino delgado foi amarrado na sua porção proximal e na região do ânus para evitarem perdas de conteúdo. O estômago total foi separado das demais vísceras, sendo o omento separado nesse momento, constituindo-se na gordura omental. A obtenção dos intestinos se deu após a separação da gordura mesentérica. Os compartimentos estomacais e intestinais foram pesados cheios e vazios, sendo em seguida identificados e armazenados em câmara fria a -18°C . As demais vísceras foram separadas, sendo que o peso do fígado foi obtido após a separação da vesícula biliar. Os rins e coração foram separados da gordura

perirrenal e pericárdica, respectivamente. Os demais compartimentos, pâncreas, baço, língua, pulmão, traqueia, esôfago, diafragma e bexiga foram individualmente pesados, identificados e armazenados em câmara fria a -18°C . A soma dos depósitos de gordura correspondeu à gordura total, sendo pesada, identificada separadamente e armazenada a -18°C . Por último, procedeu-se a retirada dos membros e cabeça. A carcaça foi considerada pela diferença dos constituintes e em seguida identificada, pesada e armazenada em câmara fria a -18°C . O peso do corpo vazio foi obtido pela soma dos componentes do corpo do animal.

3.4.4 Amostragem e processamento dos componentes corporais

O procedimento de amostragem dos componentes corporais ocorreu na sala de preparo de amostras pertencente ao Laboratório de Calorimetria e Metabolismo Animal (LACA-LAMA) da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. O procedimento ocorreu de maneira distinta para cada seguimento corporal, posteriormente a retirada das amostras corporais da câmara fria e efetuado seu descongelamento. As amostras de útero e glândula mamária foram pesadas e usadas como peças individuais e inteiras para as análises de composição química corporal. As amostras referentes aos depósitos de gordura, vísceras e trato gastrointestinal foram homogeneizadas e a alíquota realizada proporcionalmente a massa respectiva daquele órgão no corpo e corresponderam a uma alíquota de 300g respectivamente. A amostragem da pele foi realizada pela retirada de regiões específicas do corpo. Foi retirada uma faixa de pele da região dorsal do animal estendendo-se até a cauda e uma faixa de pele do membro anterior do animal. A carcaça, cabeça e membros dos animais foram trituradas utilizando-se um processador industrial e fragmentadas em tamanhos em torno de 10 cm^2 . Em seguida as amostras foram moídas em picador de carne C.A.F. modelo 98 ST e em seguida retiradas alíquotas de 300g de amostras que foram acondicionadas em bandejas de alumínio, pesadas, identificadas e levadas a estufa de ventilação forçada a 55°C por 72h.

Após o período estabelecido, as amostras foram retiradas da estufa e pesadas para a determinação da matéria pré-seca gordurosa. Posteriormente ao processo de pré-secagem, procedeu-se o desengorduramento inicial das amostras usando de sacos de TNT (tecido não-tecido) gramatura 100 micras, tamanho 20 x 20 cm, identificados e

pesados para a quantificação de perda de gordura. Os componentes corporais foram pesados e adicionados aos sacos de TNT identificados e em seguida colocados dentro de tambores de plástico contendo éter de petróleo por um período de 48 horas e mantidas em câmara fria a 10°C para evitar a perda de éter por volatilização. Após o período estabelecido, as amostras foram retiradas e pesadas, denominando-se de matéria pré-desengordurada. Quando o procedimento de desengorduramento das amostras foi ineficiente, repetiu-se o procedimento para maximizar a extração de gordura dos componentes corporais. O cálculo da extração de gordura nessa etapa é destacado a seguir:

$$\text{Gordura} = (\text{Peso da amostra} - \text{Peso da amostra desengordurada}) / \text{peso inicial} \times 100$$

A moagem das amostras foi realizada utilizando-se moinhos Thomas Myller com peneiras de 1 mm e em seguida as amostras foram acondicionadas em recipientes plásticos para as análises laboratoriais estabelecidas.

3.4.5 Análises laboratoriais

As análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG. A solução mineral para análise de macroelementos minerais (cálcio, fósforo, potássio sódio e magnésio) foi preparada por via úmida da matéria seca desengordurada (MSD) segundo método 935.13 (AOAC, 2000). Para tal sobre uma massa de 800 mg da amostra colocada em tubos de micro Kjeldahl foram adicionados 10 mL de uma solução nitroperclórica composta por três partes de ácido nítrico (HNO₃ P.A.) e uma parte de ácido perclórico (HClO₄ P.A.) e colocada para digestão a 190°C.

Após a digestão, a solução resultante foi filtrada em um balão volumétrico de 100 ml utilizando papel de filtro quantitativo de 11 cm Ø, e completado o volume com uso de água deionizada. A solução foi então transferida para frascos de plástico previamente identificados e armazenados até a leitura. O fósforo foi determinado por redução do complexo fósforo-molibdato e as leituras realizadas por colorimetria. O cálcio e magnésio foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica,

sendo adicionado cloreto de estrôncio para a leitura do cálcio. O sódio e o potássio foram determinados em espectrofotômetro de chama.

3.5 Procedimento experimental e delineamento estatístico

3.5.1 Descrição quantitativa das relações alométricas

O modelo alométrico de Huxley e Teissier (1936) foi adotado para o escalonamento das massas (g) dos macrominerais (cálcio, *Ca*; fósforo, *P*; potássio, *K*; sódio, *Na*; magnésio, *Mg*;) nas diferentes partes corporais ou compartimentos (cabeça e membros - *Cab. e Memb.*; carcaça; glândula mamária - *Gl. Mam.*; gordura; pele; trato gastrintestinal - *TGI*; útero; vísceras) em relação à massa corporal (MC, kg), como demonstrado na equação a seguir:

$$\mu_{Y_t} = \alpha X_t^\beta \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde μ_{Y_t} é a média esperada para a variável, Y_t , estimada como massas dos macrominerais nas partes corporais e na massa de corpo vazio em um dado tempo. A variável X_t é a massa corporal (MC) ou de outro padrão com massa de corpo vazio (MCVZ, kg) e MCVZ elevado a $\frac{3}{4}$ ($MCVZ^{0,75}$), que foram medidas simultaneamente com Y_t e considerada como uma variável contínua. Os parâmetros α e β são os interceptos tanto de Y_t e X_t para $t = 0$, e ambas contendo taxas constantes de crescimento exponencial de primeira ordem de Y_t e X_t , k_2 e k_1 , respectivamente (Brody, 1945), portanto, $\alpha = Y_0/X_0^{k_2/k_1}$ ($\text{g}/\text{kg}^{k_2/k_1}$) e $\beta = k_2/k_1$ (adimensional). O modelo utilizado para descrever as estimativas das massas dos macrominerais nas partes corporais considerou-se $X_t = \text{MC}$ para massas em gramas dos macrominerais (*Ca*, *P*, *K*, *Na* e *Mg*) no corpo vazio ($MCVZCa$, $MCVZP$, $MCVZK$, $MCVZNa$ e $MCVZMg$) foram considerados, além $X_t = \text{MC}$, $X_t = \text{MCVZ}$ e $X_t = \text{MCVZ}^{0,75}$.

A variância ($\sigma_{Y_t}^2$) foi modelada com as seguintes funções:

$$\sigma_{Y_t}^2 = \sigma_0^2 \quad \text{Eq. (2)}$$

$$\sigma_{Y_t}^2 = \sigma_0^2 \exp(\delta X_t) \quad \text{Eq. (3)}$$

$$\sigma_{Y_t}^2 = \sigma_0^2 |\mu_{Y_t}|^{2\psi} \quad \text{Eq. (4)}$$

Em que o parâmetro σ_0^2 é a variância do erro aleatório e a Eq. (2) é assumida uma variância homogênea com a pressuposição de homocedasticidade. As funções não lineares (Eq. (3) e Eq. (4)) foram utilizadas para descrever as variâncias devido ao efeito de escala na variabilidade (Vonesh, 2012). A Eq. (3) assume um aumento exponencial da variância inicial (σ_0^2) em função de X_t a uma taxa crescente (δ); a Eq. (4) é a variância escalonada para o valor absoluto de μ_{Y_t} . Tanto o parâmetro δ quanto ψ são adimensionais com valores que variam de $-\infty$ a ∞ .

3.5.1.1 Análise quantitativa

As informações de macrominerais utilizadas por esse estudo são de 50 cordeiras abatidas em abate comparativo as quais 16 foram abatidos como animais referência, sendo os demais animais submetidos aos regimes alimentares *ad libitum* (18 animais) e restrito quantitativamente (16 animais). Portanto foram gerados 250 dados brutos das massas dos macrominerais, sendo 50 para cada macromineral.

Foram ajustados 12 modelos aos dados de macrominerais devido as combinações entre o modelo alométrico (μ_{Y_t}) e as funções de variância ($\sigma_{Y_t}^2$). Dessa forma, foram testados os seguintes ajustes para estimativas dos parâmetros α e β : (1) ambos os parâmetros com estimativas comuns para ambos os regimes alimentares (*ad libitum* e restrito); (2) estimativas comuns do parâmetro α para os tratamentos e estimativas separadas de parâmetro β para os tratamentos, *ad libitum* (β_1) e restrito (β_2); (3) estimativas separadas para o parâmetro α para os tratamentos *ad libitum* (α_1) e restrito (α_2) e β comum; e (4) ambas as estimativas os parâmetros α e β foram separadas para os tratamentos *ad libitum* (α_1 e β_1) e restrito (α_2 e β_2). Os parâmetros das três

funções de variância (σ_0^2 , δ e ψ) foram comuns para todas as combinações. Portanto, as combinações modelo alométrico e funções de variância ($\mu_{Y_t} \times \sigma_{Y_t}^2$, ou seja, 4×3) foram testadas para a massa de cada macromineral nas diferentes partes corporais, além dos ajustes para massa total dos macrominerais na MCVZ escalonado para *MC*, *MCVZ* e *MCVZ*^{0,75}, o que totalizou 111 ajustes dessa combinação.

Para esses ajustes das combinações de modelos utilizou-se o procedimento para modelos não lineares mistos (PROC NLMIXED) do SAS (versão 9, SAS System Inc., Cary, NC, USA). O algoritmo utilizado para estimação do método de máxima verossimilhança foi o Newton-Raphson (*tech=NEWRAP*). Foi assumida a pressuposição de normalidade e, portanto, $Y_t \sim \text{Normal}(\mu_{Y_t}, \sigma_{Y_t}^2)$, $e_t \sim \text{Normal}(0, \sigma_{Y_t}^2)$ e $\text{cov}(e_t, e_t) = 0$.

3.5.1.2 Processo de Seleção de Multimodelos

Utilizou-se o critério de informação de Akaike corrigido (*AICc*) (Sugiura, 1978) e algumas funções derivadas para escolha do melhor modelo a ser utilizado (Burnham e Anderson, 2014). O *AICc* de cada modelo foi registrado e, assim, foi possível calcular a variação (Δ) entre cada um dos 12 modelos utilizados e o modelo de menor *AICc*. A probabilidade de verossimilhança (*w*) foi calculada para cada um dos 12 modelos. A razão de evidência (*ER*) foi calculada a partir da maior *w* no conjunto de modelos ajustados e o modelo de interesse. O modelo que apresentou Δ igual a 1,0, também apresentou maior *w* e menor valor *ER*, foi considerado o melhor modelo para o conjunto de dados em estudo. O número de parâmetros (θ) foi considerado um critério de seleção do melhor modelo quando diferentes modelos tiveram valores de Δ iguais ou próximos ($\Delta \leq 2$) e, portanto, utilizado como critério de parcimônia¹. A quantidade de parâmetros significativos ($P < 0,05$) também foi levada em consideração na escolha do melhor modelo.

O modelo estatístico empregado para as estimativas de cada parâmetro foi:

¹ Parcimônia é a preferência pela explicação mais simples para uma observação e utilizada para julgar possíveis hipóteses. Para essas análises, utilizamos o critério de parcimônia para auxiliar na seleção de modelos, onde aquele que apresenta menor número de parâmetros entre os melhores ajustes ($\Delta \leq 2$), podem ser selecionados como o possível melhor modelo.

$$\theta_{ij} = \mu + a_i + b_j + e_{ij}$$

No qual θ_{ij} corresponde aos parâmetros do modelo escolhido para descrever o comportamento alométrico ou isométrico de cada macromineral nas diferentes partes corporais e no total de cada macromineral escalonado para MC , $MCVZ$ e $MCVZ^{0.75}$ no j -ésimo animal na i -ésima dieta (*ad libitum* restrito). A letra grega μ denota uma constante inerente ao modelo.

A retenção de cada macromineral na $MCVZ$ por kg de MC foi predita para algumas massas corporais, a saber 20, 25, 30, 35 e 38 kg MC . As predições de retenção dos macrominerais para essas determinadas massas corporais foram realizadas também para $MCVZ$ e $MCVZ^{0.75}$. Uma vez que, a primeira derivada da Eq. (1), ou seja, $d\mu_{Y_t}/dX_t$, é a função não linear geral dos parâmetros da equação alométrica (Eq. (1)) dado pelas seguintes fórmulas:

$$d\mu_{Y_t}/dX_t = \widehat{\alpha\beta X_t^{\beta-1}} \quad \text{Eq. (5)}$$

$$d\mu_{Y_t}/dX_t = \widehat{\alpha\beta X_t^{\beta-1} X_t^{0.25}} \quad \text{Eq. (6)}$$

Para $X_t = MC$ e $MCVZ$ (Eq. (5)) e $X_t = MCVZ^{0.75}$ (Eq. (6)), ambos foram aplicados para obter os intervalos de confiança a 99% (IC99%). O IC99% foram estimados a partir dos melhores ajustes para cada macromineral escalonado para $X_t = MC$, $MCVZ$ e $MCVZ^{0.75}$. A dimensões das Eqs (5) e (6) são g/kg e g/kg^{0.75}, respectivamente.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Seleção do melhor modelo

As relações entre as massas dos macrominerais nas partes corporais escalonadas para MC bem como as massas dos macrominerais no corpo vazio escalonado para MC, MCVZ e $MCVZ^{0,75}$ foram possíveis de serem estimadas pela combinação entre a Eq. (1) e as funções de variância descritas pelas Eqs (2) – (4). Os critérios adotados permitiram que os melhores modelos escolhidos representassem as relações alométricas estudadas (Tabelas 5 a 10) e os modelos escolhidos para explicar a variabilidade observada nas massas de cálcio no TGI e útero, massas de fósforo, magnésio, sódio e potássio no útero, massas de fósforo e potássio no corpo vazio escalonado para MCVZ obtiveram baixo nível de incerteza na seleção dos modelos, ou seja, $w_r \geq 0,90$ (Tabelas 5 a 10, respectivamente).

A pressuposição de homocedasticidade foi provável em apenas 12,5% das massas de cálcio (1/8; Tabela 5), 27,5% das massas de fósforo (2/8; Tabela 6), 27,5% das massas de potássio (2/8; Tabela 7) 37,5% das massas de sódio (3/8; Tabela 8), e 37,5% das massas de magnésio (3/8; Tabela 9) nas diferentes partes corporais escalonadas para MC e 33,3% das massas no corpo vazio de cálcio, fósforo, magnésio, sódio e potássio escalonadas para MC, MCVZ e $MCVZ^{0,75}$ (5/15; Tabela 10). A homocedasticidade da variância foi improvável para as demais variáveis, sendo que dessas, a combinação das Eqs (1) - (3) foi a melhor escolha para 50,0% das massas de cálcio (4/8; Tabela 5), 37,5% das massas de fósforo (3/8; Tabela 6), 27,5% das massas de potássio (2/8; Tabela 7), 12,5% das massas de sódio (1/8; Tabela 8), e 37,5% das massas de magnésio (3/8; Tabela 9) nas diferentes partes corporais escalonada para MC e por fim, a combinação das Eqs (1) e (4) foi a melhor escolha para 37,5% das massas de cálcio (3/8; Tabela 5), 37,5% das massas de fósforo (3/8; Tabela 6), 50% das massas de potássio (4/8; Tabela 7), 50,0% das massas de sódio (4/8; Tabela 8), e 27,5% das massas de magnésio (2/8; Tabela 9), nas diferentes partes corporais escalonadas para MC e 66,7% das massas no corpo vazio de cálcio, fósforo, magnésio, sódio e potássio escalonadas para MC, MCVZ e $MCVZ^{0,75}$ (10/15; Tabela 10).

As combinações entre os parâmetros α e β comum para ambos os regimes alimentares e com distinção para os regimes *ad libitum* (α_1 e β_1) e restrito (α_2 e β_2)

apresentaram que a combinação α e $\beta_1\beta_2$ obteve o melhor ajuste como a escolha do modelo mais provável escolhido para as variáveis massas de cálcio no TGI e útero (Tabela 5), massas de fósforo na gordura e no útero (Tabela 6), massas de potássio na cabeça e membros, pele, no útero e nas vísceras (Tabela 7), massas de sódio no TGI e útero (Tabela 8) e massa de magnésio no útero (Tabela 9). Os modelos mais prováveis escolhidos para as demais variáveis obtiveram os melhores ajustes quando a combinação entre os parâmetros α e β foi comum para ambos os regimes alimentares.

Dentre todos os modelos mais prováveis escolhidos apenas as massas de cálcio na carcaça e no TGI (Tabela 5 e 12), massas de fósforo na carcaça, na pele e no TGI (Tabela 6 e 13), massas de sódio na carcaça, na pele, no TGI e no útero (Tabela 8 e 15) massas de magnésio na carcaça e nas vísceras (Tabela 9 e 16), escalonado para massas corporais apresentaram todos os parâmetros significativos. Os modelos mais prováveis escolhidos para as massas corporais vazias de cálcio, fósforo, magnésio, sódio e potássio escalonada para MC e para massas de sódio escalonada para MCVZ e $MCVZ^{0,75}$ (Tabela 10 e 11) apresentaram todos os parâmetros significativos.

Tabela 5 - Critério de informação para avaliação dos modelos para descrever o crescimento relativo da massa de cálcio (Ca) nas variáveis de cordeiras em crescimento, O modelo alométrico (1) é combinado com as funções de variância homogênea (2), exponencial (3) e escalonada (4) e são apresentados a escolha do modelo mais provável (#)

Variáveis	Modelos	AICc _r [§]	Δ_r [§]	w_r [§]	ER _r [§]	θ_r [‡]	$\theta_{r\text{sig}}$ [†]
Cab. e Memb., g	(1) (3) #	1184,9	0,0	0,636	1,0	$\alpha, \beta, \sigma_0^2, \rho$	3
Carcaça, g	(1) (2) #	1262,4	0,0	0,461	1,0	$\alpha, \beta, \sigma_0^2$	3
	(1) (3)	1264,2	1,8	0,188	2,5	$\alpha, \beta, \sigma_0^2, \rho$	2
Gl. Mam., g	(1) (3) #	460,8	0,0	0,571	1,0	$\alpha, \beta, \sigma_0^2, \rho$	3
Gordura, g	(1) (3) #	686,0	0,0	0,432	1,0	$\alpha, \beta, \sigma_0^2, \rho$	3
	(1) (3)	687,1	1,1	0,249	1,7	$\alpha, \beta_1, \beta_2, \sigma_0^2, \rho$	4
	(1) (3)	687,2	1,2	0,237	1,8	$\alpha_1, \alpha_2, \beta, \sigma_0^2, \rho$	3
Pele, g	(1) (4)	131,6	0,0	0,426	1,0	$\alpha, \beta, \sigma_0^2, \psi$	2
	(1) (4)	132,7	1,1	0,246	1,7	$\alpha, \beta_1, \beta_2, \sigma_0^2, \psi$	3
	(1) (3) #	132,5	0,9	0,272	1,6	$\alpha, \beta, \sigma_0^2, \rho$	3
TGI, g	(1) (4) #	161,9	0,0	1,000	1,0	$\alpha, \beta_1, \beta_2, \sigma_0^2, \psi$	5
Útero, g	(1) (4) #	971,5	0,0	0,967	1,0	$\alpha, \beta_1, \beta_2, \sigma_0^2, \psi$	4
Víscera, g	(1) (4) #	1381,1	0,0	0,422	1,0	$\alpha, \beta, \sigma_0^2, \psi$	3
	(1) (3)	1382,0	0,9	0,269	1,6	$\alpha, \beta, \sigma_0^2, \rho$	2

[§] AICc_r é o critério de informação de Akaike corrigido para pequenas amostras, Δ_r é a diferença do valor de AICc_r, w_r é a probabilidade do modelo, e ER_r é a razão de evidência calculada para cada r-ésima combinação dos modelos testados (r = 1, 2, 3 e 4).

[‡] θ_r são os parâmetros da r-ésima combinação de modelos, sendo α e β parâmetros do modelo alométrico e σ_0^2, ρ e ψ são os parâmetros das funções de variância utilizadas nas combinações.

[†] $\theta_{r\text{sig}}$ é o número de parâmetros significativos da r-ésima combinação de modelos.

Tabela 6 - Critério de informação para avaliação dos modelos para descrever o crescimento relativo da massa de fósforo (P) nas variáveis de cordeiras em crescimento, O modelo alométrico (1) é combinado com as funções de variância homogênea (2), exponencial (3) e escalonada (4) e são apresentados a escolha do modelo mais provável (#)

Variáveis	Modelos	AICc _r [§]	Δ_r [§]	w _r [§]	ER _r [§]	θ_r [‡]	$\theta_{r\text{sig}}$ [†]
Cab. e Memb., g	(1) (3) #	388,4	0,0	0,5430	1,0	$\alpha, \beta, \sigma_0, \rho$	3
	(1) (3)	390,0	1,6	0,2440	2,2	$\alpha, \beta_1, \beta_2, \sigma_0, \rho$	3
Carcaça, g	(1) (2) #	526,3	0,0	0,4285	1,0	α, β, σ_0	3
	(1) (4)	527,4	1,1	0,2472	1,7	$\alpha, \beta, \sigma_0, \psi$	2
Gl. Mam., g	(1) (3) #	574,0	0,0	0,4911	1,0	$\alpha, \beta, \sigma_0, \rho$	3
Gordura, g	(1) (4) #	786,2	0,0	0,4190	1,0	$\alpha, \beta_1, \beta_2, \sigma_0, \psi$	4
Pele, g	(1) (4) #	61,4	0,0	0,7458	1,0	$\alpha, \beta, \sigma_0, \psi$	4
TGI, g	(1) (2) #	167,8	0,6	0,2847	1,3	α, β, σ_0	3
	(1) (4)	167,6	0,4	0,3146	1,2	$\alpha, \beta, \sigma_0, \psi$	1
	(1) (3)	167,2	0,0	0,3843	1,0	$\alpha, \beta, \sigma_0, \rho$	3
Útero, g	(1) (4) #	1175,2	0,0	0,9175	1,0	$\alpha, \beta_1, \beta_2, \sigma_0, \psi$	4
Vísceras, g	(1) (4)	111,2	1,7	0,2479	2,3	$\alpha, \beta, \sigma_0, \psi$	3
	(1) (3) #	109,5	0,0	0,5801	1,0	$\alpha, \beta, \sigma_0, \rho$	4

[§] AICc_r é o critério de informação de Akaike corrigido para pequenas amostras, Δ_r é a diferença do valor de AICc_r, w_r é a probabilidade do modelo, e ER_r é a razão de evidência calculada para cada r-ésima combinação dos modelos testados (r = 1, 2, 3 e 4).

[‡] θ_r são os parâmetros da r-ésima combinação de modelos, sendo α e β parâmetros do modelo alométrico e σ_0^2 , ρ e ψ são os parâmetros das funções de variância utilizadas nas combinações.

[†] $\theta_{r\text{sig}}$ é o número de parâmetros significativos da r-ésima combinação de modelos.

Tabela 7 - Critério de informação para avaliação dos modelos para descrever o crescimento relativo da massa de potássio (K) nas variáveis de cordeiras em crescimento, O modelo alométrico (1) é combinado com as funções de variância homogênea (2), exponencial (3) e escalonada (4) e são apresentados a escolha do modelo mais provável (#)

Variáveis	Modelos	AICc _r [§]	Δ_r [§]	w _r [§]	ER _r [§]	θ_r [‡]	$\theta_{r\text{sig}}$ [†]
Cab. e Memb., g	(1) (3) #	749,1	0,0	0,5927	1,0	$\alpha, \beta_1, \beta_2, \sigma_0, \rho$	4
Carcaça, g	(1) (4) #	372,4	0,0	0,6160	1,0	$\alpha, \beta, \sigma_0, \psi$	3
Gl. Mam., g	(1) (2) #	528,6	0,5	0,1759	1,3	α, β, σ_0	2
	(1) (2)	528,9	0,8	0,1514	1,5	$\alpha, \beta_1, \beta_2, \sigma_0$	3
	(1) (2)	528,1	0,0	0,2259	1,0	$\alpha_1, \alpha_2, \beta, \sigma_0$	3
Gordura, g	(1) (3) #	76,6	0,0	0,3082	1,0	$\alpha, \beta, \sigma_0, \rho$	3
	(1) (3)	77,4	0,8	0,2066	1,5	$\alpha, \beta_1, \beta_2, \sigma_0, \rho$	4
	(1) (3)	77,5	0,9	0,1965	1,6	$\alpha_1, \alpha_2, \beta, \sigma_0, \rho$	3
Pele, g	(1) (2)	222,1	0,3	0,2124	1,2	α, β, σ_0	2
	(1) (4) #	221,8	0,0	0,2467	1,0	$\alpha, \beta_1, \beta_2, \sigma_0, \psi$	4
	(1) (3)	222,6	0,8	0,1654	1,5	$\alpha, \beta, \sigma_0, \rho$	2
TGI, g	(1) (2) #	130,2	0,0	0,4488	1,0	α, β, σ_0	2
Útero, g	(1) (4) #	1206,7	0,0	0,9966	1,0	$\alpha, \beta_1, \beta_2, \sigma_0, \psi$	4
Vísceras, g	(1) (4) #	127,0	0,0	0,4276	1,0	$\alpha, \beta_1, \beta_2, \sigma_0, \psi$	4
	(1) (3)	128,8	1,8	0,1739	2,5	$\alpha, \beta, \sigma_0, \rho$	3

[§] AICc_r é o critério de informação de Akaike corrigido para pequenas amostras, Δ_r é a diferença do valor de AICc_r, w_r é a probabilidade do modelo, e ER_r é a razão de evidência calculada para cada r-ésima combinação dos modelos testados (r = 1, 2, 3 e 4).

[‡] θ_r são os parâmetros da r-ésima combinação de modelos, sendo α e β parâmetros do modelo alométrico e σ_0^2 , ρ e ψ são os parâmetros das funções de variância utilizadas nas combinações.

[†] $\theta_{r\text{sig}}$ é o número de parâmetros significativos da r-ésima combinação de modelos.

Tabela 8 - Critério de informação para avaliação dos modelos para descrever o crescimento relativo da massa de sódio (Na) nas variáveis de cordeiras em crescimento, O modelo alométrico (1) é combinado com as funções de variância homogênea (2), exponencial (3) e escalonada (4) e são apresentados à escolha do modelo mais provável (#)

Variáveis	Modelos	AICc _r [§]	Δ_r [§]	w _r [§]	ER _r [§]	θ_r [‡]	$\theta_{r\text{sig}}$ [†]
Cab. e Memb., g	(1) (2) #	820,9	0,0	0,3873	1,0	α, β, σ_0	2
	(1) (3)	822,1	1,2	0,2126	1,8	$\alpha, \beta, \sigma_0, \rho$	2
Carcaça, g	(1) (4)	959,0	1,4	0,3142	2,0	$\alpha, \beta, \sigma_0, \psi$	4
	(1) (3) #	957,6	0,0	0,6328	1,0	$\alpha, \beta, \sigma_0, \rho$	4
Gl. Mam., g	(1) (2) #	1255,9	0,0	0,2263	1,0	α, β, σ_0	2
	(1) (2)	1257,5	1,6	0,1017	2,2	$\alpha, \beta_1, \beta_2, \sigma_0$	3
	(1) (4)	1257,5	1,6	0,1017	2,2	$\alpha, \beta, \sigma_0, \psi$	3
	(1) (3)	1256,1	0,2	0,2047	1,1	$\alpha, \beta, \sigma_0, \rho$	3
Gordura, g	(1) (3) #	795,0	0,0	0,4695	1,0	$\alpha, \beta, \sigma_0, \rho$	3
	(1) (3)	796,7	1,7	0,2007	2,3	$\alpha, \beta_1, \beta_2, \sigma_0, \rho$	4
	(1) (3)	796,7	1,7	0,2007	2,3	$\alpha_1, \alpha_2, \beta, \sigma_0, \rho$	3
Pele, g	(1) (4)	81,8	1,8	0,1646	2,5	$\alpha, \beta, \sigma_0, \psi$	3
	(1) (3) #	81,0	1,0	0,2456	1,6	$\alpha, \beta, \sigma_0, \rho$	4
	(1) (3)	80,0	0,0	0,4049	1,0	$\alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2, \sigma_0, \rho$	4
TGI, g	(1) (2) #	53,1	0,0	0,6238	1,0	$\alpha, \beta_1, \beta_2, \sigma_0$	4
Útero, g	(1) (4) #	428,7	0,0	0,9920	1,0	$\alpha, \beta_1, \beta_2, \sigma_0, \psi$	5
Vísceras, g	(1) (4)	169,0	0,9	0,2007	1,6	$\alpha, \beta, \sigma_0, \psi$	1
	(1) (3) #	168,1	0,0	0,3148	1,0	$\alpha, \beta, \sigma_0, \rho$	3
	(1) (3)	169,3	1,2	0,1727	1,8	$\alpha, \beta_1, \beta_2, \sigma_0, \rho$	4

[§] AICc_r é o critério de informação de Akaike corrigido para pequenas amostras, Δ_r é a diferença do valor de AICc_r, w_r é a probabilidade do modelo, e ER_r é a razão de evidência calculada para cada r-ésima combinação dos modelos testados (r = 1, 2, 3 e 4).

[‡] θ_r são os parâmetros da r-ésima combinação de modelos, sendo α e β parâmetros do modelo alométrico e σ_0^2 , ρ e ψ são os parâmetros das funções de variância utilizadas nas combinações.

[†] $\theta_{r\text{sig}}$ é o número de parâmetros significativos da r-ésima combinação de modelos.

Tabela 9 - Critério de informação para avaliação dos modelos para descrever o crescimento relativo da massa de magnésio (Mg) nas variáveis de cordeiras em crescimento, O modelo alométrico (1) é combinado com as funções de variância homogênea (2), exponencial (3) e escalonada (4) e são apresentados a escolha do modelo mais provável (#)

Variáveis	Modelos	AICc _r [§]	Δ_r [§]	w _r [§]	ER _r [§]	θ_r [‡]	$\theta_{r\text{sig}}$ [†]
Cab. e Memb., g	(1) (3) #	1509,9	0,3	0,3431	1,2	$\alpha, \beta, \sigma_0, \rho$	2
	(1) (3)	1511,3	1,7	0,1704	2,3	$\alpha, \beta_1, \beta_2, \sigma_0, \rho$	3
	(1) (3)	1509,6	0,0	0,3986	1,0	$\alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2, \sigma_0, \rho$	3
Carcaça, g	(1) (4) #	200,2	0,0	0,7229	1,0	$\alpha, \beta, \sigma_0, \psi$	4
Gl. Mam., g	(1) (2) #	288,9	0,0	0,3229	1,0	α, β, σ_0	2
	(1) (3)	290,4	1,5	0,1525	2,1	$\alpha, \beta, \sigma_0, \rho$	2
Gordura, g	(1) (3) #	520,9	0,0	0,3833	1,0	$\alpha, \beta, \sigma_0, \rho$	3
	(1) (3)	522,0	1,1	0,2211	1,7	$\alpha, \beta_1, \beta_2, \sigma_0, \rho$	4
	(1) (3)	522,0	1,1	0,2211	1,7	$\alpha_1, \alpha_2, \beta, \sigma_0, \rho$	3
Pele, g	(1) (2) #	-108,7	0,1	0,1961	1,1	α, β, σ_0	2
	(1) (3)	-108,8	0,0	0,2061	1,0	$\alpha, \beta, \sigma_0, \rho$	2
	(1) (3)	-108,8	0,0	0,2061	1,0	$\alpha, \beta_1, \beta_2, \sigma_0, \rho$	3
TGI, g	(1) (3) #	-131,6	0,0	0,8089	1,0	$\alpha, \beta, \sigma_0, \rho$	3
Útero, g	(1) (4) #	894,4	0,0	0,9837	1,0	$\alpha, \beta_1, \beta_2, \sigma_0, \psi$	4
Vísceras, g	(1) (2) #	1251,1	0,0	0,5258	1,0	α, β, σ_0	3
	(1) (3)	1252,6	1,5	0,2484	2,1	$\alpha, \beta, \sigma_0, \rho$	3

[§] AICc_r é o critério de informação de Akaike corrigido para pequenas amostras, Δ_r é a diferença do valor de AICc_r, w_r é a probabilidade do modelo, e ER_r é a razão de evidência calculada para cada r-ésima combinação dos modelos testados (r = 1, 2, 3 e 4).

[‡] θ_r são os parâmetros da r-ésima combinação de modelos, sendo α e β parâmetros do modelo alométrico e σ_0^2 , ρ e ψ são os parâmetros das funções de variância utilizadas nas combinações.

[†] $\theta_{r\text{sig}}$ é o número de parâmetros significativos da r-ésima combinação de modelos.

Tabela 10 - Critério de informação para avaliação dos modelos para descrever o crescimento relativo das massas de corporais vazias de cálcio (Ca), fósforo (P), magnésio (Mg), sódio (Na) e potássio (K) de cordeiras em crescimento escalonadas para massa corporal (MC), massa de corpo vazio (MCVZ) e massa de corpo vazio elevado a 0,75 (MCVZ^{0,75}). O modelo alométrico (1) é combinado com as funções de variância homogênea (2), exponencial (3) e escalonada (4) e são apresentados a escolha do modelo mais provável (#)

Variáveis	Modelos	AICc _r [§]	Δ_r [§]	w _r [§]	ER _r [§]	θ_r [‡]	$\theta_{r\text{sig}}$ [†]
Cálcio (Ca), g							
MC, kg	(1) (2) #	606.2	0.0	0.5220	1.0	α, β, σ_0	3
	(1) (3)	607.8	1.6	0.2345	2.2	$\alpha, \beta, \sigma_0, \rho$	3
MCVZ, kg	Escalonada #	609.6	0.0	0.7858	1.0	$\alpha, \beta, \sigma_0, \psi$	3
MCVZ ^{0,75} , kg	Escalonada #	609.6	0.0	0.7006	1.0	$\alpha, \beta, \sigma_0, \psi$	3
	(1) (3)	611.3	1.7	0.2994	2.3	$\alpha, \beta, \sigma_0, \rho$	3
Fósforo (P), g							
MC, kg	(1) (2) #	562.3	0.0	0.5478	1.0	α, β, σ_0	3
	(1) (4)	564.2	1.9	0.2119	2.6	$\alpha, \beta, \sigma_0, \psi$	2
MCVZ, kg	(1) (4) #	557.5	0.0	0.9503	1.0	$\alpha, \beta, \sigma_0, \psi$	3
MCVZ ^{0,75} , kg	(1) (4) #	557.5	0.0	0.8957	1.0	$\alpha, \beta, \sigma_0, \psi$	3
Magnésio (Mg), g							
MC, kg	(1) (4) #	239.0	0.0	0.6595	1.0	$\alpha, \beta, \sigma_0, \psi$	4
MCVZ, kg	(1) (4) #	208.3	0.0	0.8679	1.0	$\alpha, \beta, \sigma_0, \psi$	3
MCVZ ^{0,75} , kg	(1) (4) #	208.3	0.0	0.8005	1.0	$\alpha, \beta, \sigma_0, \psi$	3
Sódio (Na), g							
MC, kg	(1) (4) #	298.5	0.0	0.7175	1.0	$\alpha, \beta, \sigma_0, \psi$	3
MCVZ, kg	(1) (2) #	278.4	0.0	0.6123	1.0	α, β, σ_0	3
MCVZ ^{0,75} , kg	(1) (2) #	278.4	0.0	0.6123	1.0	α, β, σ_0	3
Potássio (K), g							
MC, kg	(1) (2) #	408.1	0.1	0.2920	1.1	α, β, σ_0	3
	(1) (4)	408.0	0.0	0.3070	1.0	$\alpha, \beta, \sigma_0, \psi$	2
	(1) (3)	408.6	0.6	0.2274	1.3	$\alpha, \beta, \sigma_0, \rho$	3
MCVZ, kg	(1) (4) #	403.3	0.0	0.9288	1.0	$\alpha, \beta, \sigma_0, \psi$	3
MCVZ ^{0,75} kg	(1) (4) #	403.3	0.0	0.8736	1.0	$\alpha, \beta, \sigma_0, \psi$	3

[§] AICc_r é o critério de informação de Akaike corrigido para pequenas amostras, Δ_r é a diferença do valor de AICc_r, w_r é a probabilidade do modelo, e ER_r é a razão de evidência calculada para cada r-ésima combinação dos modelos testados (r = 1, 2, 3 e 4).

[‡] θ_r são os parâmetros da r-ésima combinação de modelos, sendo α e β parâmetros do modelo alométrico e σ_0^2 , ρ e ψ são os parâmetros das funções de variância utilizadas nas combinações.

[†] $\theta_{r\text{sig}}$ é o número de parâmetros significativos da r-ésima combinação de modelos.

Tabela 11 - Intervalos de confiança (IC95%) dos parâmetros do modelo alométrico ($\hat{\alpha}$ e $\hat{\beta}$) e das funções de variância (F.V.: $\hat{\sigma}_0$, $\hat{\rho}$ e $\hat{\psi}$) da combinação mais provável para as massas dos macrominerais escalonados para massa corporal (MC), massa de corpo vazio (MCVZ) e massa de corpo vazio elevado a 0,75 (MCVZ^{0,75})

Variáveis†	F. V.	Parâmetros: $\hat{\mu}_Y$ (valor inferior; valor superior)		Parâmetros: $\hat{\sigma}_Y^2$ (valor inferior; valor superior)
		$\hat{\alpha}$	$\hat{\beta}$	
Cálcio, g				
MC, kg	<i>Homogênea</i>	5,49 (0,358; 10,62)	1,278 (0,999; 1,556)	$\hat{\sigma}_0 = 86,49$ (69,30; 103,69)
MCVZ, kg	<i>Escalonada</i>	12,08 (1,72; 22,44)	1,099 (0,7933; 1,404)	$\hat{\sigma}_0 = 0,01$ (-0,05; 0,06); $\hat{\psi} = 1,606$ (0,0459; 3,167)
MCVZ ^{0,75} , kg	<i>Escalonada</i>	12,08 (4,22; 19,93)	1,465 (1,156; 1,774)	$\hat{\sigma}_0 = 0,0059$ (-0,0343; 0,0461); $\hat{\psi} = 1,606$ (0,0459; 3,167)
Fósforo, g				
MC, kg	<i>Homogênea</i>	4,31 (0,590; 8,03)	1,246 (0,9885; 1,503)	$\hat{\sigma}_0 = 56,24$ (45,06; 67,42)
MCVZ, kg	<i>Escalonada</i>	7,41 (4,58; 10,23)	1,146 (1,008; 1,284)	$\hat{\sigma}_0 = -0,002$ (-0,006; 0,003); $\hat{\psi} = 1,845$ (1,358; 2,332)
MCVZ ^{0,75} , kg	<i>Escalonada</i>	7,41 (4,58; 10,23)	1,528 (1,344; 1,713)	$\hat{\sigma}_0 = -0,002$ (-0,006; 0,003); $\hat{\psi} = 1,845$ (1,358; 2,332)
Magnésio, g				
MC, kg	Escalonada #	0,15 (0,03; 0,27)	1,319 (1,083; 1,554)	$\hat{\sigma}_0 = 6,22$ (0,98; 11,47); $\hat{\psi} = -0,4376$ (-0,7972; -0,0780)
MCVZ, kg	Escalonada #	0,25 (0,15; 0,35)	1,247 (1,103; 1,372)	$\hat{\sigma}_0 = 56,24$ (45,06; 67,42); $\hat{\psi} = 1,230$ (0,6075; 1,853)
MCVZ ^{0,75} , kg	Escalonada #	0,25 (0,15; 0,35)	1,650 (1,470; 1,829)	$\hat{\sigma}_0 = 56,24$ (45,06; 67,42); $\hat{\psi} = 1,230$ (0,6075; 1,853)

Continuação da Tabela 11

Variáveis†	F. V.	Parâmetros: $\hat{\mu}_Y$ (valor inferior; valor superior)		Parâmetros: $\hat{\sigma}_Y^2$ (valor inferior; valor superior)
		$\hat{\alpha}$	$\hat{\beta}$	
		Sódio, g		
MC, kg	Escalonada	1,32 (0,617; 2,022)	0,9578 (0,8016; 1,114)	$\hat{\sigma}_0 = 54,96 (-48,41; 158,3)$; $\hat{\psi} = -0,7667 (-1,331; -0,2028)$
MCVZ, kg	<i>Homogênea</i>	1,77 (1,25; 2,28)	0,924 (0,8310; 1,017)	$\hat{\sigma}_0 = 3,00 (2,42; 3,58)$
MCVZ ^{0,75} , kg	<i>Homogênea</i>	1,77 (1,25; 2,28)	1,232 (1,11; 1,36)	$\hat{\sigma}_0 = 3,00 (2,42; 3,58)$
		Potássio, g		
MC, kg	<i>Homogênea</i>	1,71 (0,33; 3,08)	1,107 (0,8656; 1,348)	$\hat{\sigma}_0 = 13,42 (10,73; 16,12)$
MCVZ, kg	Escalonada	1,87 (1,07; 2,66)	1,147 (0,9961; 1,298)	$\hat{\sigma}_0 = 0,022 (-0,044; 0,089)$; $\hat{\psi} = 1,517 (0,7644; 2,270)$
MCVZ ^{0,75} , kg	Escalonada	1,87 (1,07; 2,66)	1,529 (1,328; 1,730)	$\hat{\sigma}_0 = 0,022 (-0,044; 0,089)$; $\hat{\psi} = 1,517 (0,7644; 2,270)$

4.2 Comportamento alométrico da massa dos minerais nos componentes corporais escalonada para a massa corporal

4.2.1 Avaliação dos resultados

Para verificar o comportamento das massas dos minerais nos componentes corporais, foram observados os intervalos de confiança do coeficiente alométrico (β) e adotou-se os seguintes critérios: quando o intervalo de confiança do β foi menor que um, ou seja $\beta < 1$, então, o comportamento da massa do mineral no componente corporal em estudo foi precoce. Do contrário, quando o intervalo de confiança do β foi maior que um, ou seja, $\beta > 1$, o comportamento observado para a massa do mineral foi considerado tardio. Por fim, quando o valor um esteve contido no intervalo de confiança, ou seja,

4.2.2 Deposição do cálcio no corpo de cordeiras pré-púberes

A massa de cálcio nas variáveis cabeça e membros, TGI, útero e vísceras apresentou comportamento alométrico negativo, ou seja, $\beta < 1$ (Tabela 12). Isto demonstra que a deposição de cálcio nesses componentes foi precoce em relação à massa corporal do animal e atingiu seu ponto máximo antes que o animal atingisse sua massa corporal máxima (Figura 1). Esses resultados estão de acordo com aqueles obtidos por Berg e Butterfield (1976), que indicam que o animal atinge a maturidade fisiológica antes de alcançar o máximo desenvolvimento da massa corporal, ou seja, o desenvolvimento dos órgãos e vísceras é mais acelerado em relação ao todo, i.e., a massa corporal. Segundo o AFRC (1991) com o aumento da massa corporal dos animais há redução no crescimento ósseo, o que também explica o desenvolvimento precoce da massa de cálcio na variável cabeça e membros e, devido à elevada calcificação dos ossos chatos do crânio e dos ossos longos dos membros anteriores e posteriores, a massa de cálcio nesse componente em relação à massa corporal também tende ao mesmo tipo de resposta. Santos et al. (2001) também registraram crescimento alométrico negativo para o tecido ósseo ao avaliar o crescimento dos tecidos ósseo, muscular e adiposo de cordeiros Santa Inês e Bergamácia.

No caso das variáveis carcaça, glândula mamária e gordura, a deposição foi alométrica positiva, ou seja, $\beta > 1$ (Tabela 12). Nestes casos observou-se deposição tardia de cálcio em relação à massa corporal (Figura 1). Para a gordura, o comportamento tardio foi ainda mais acentuado, o que pode ser explicado pelo fato de que com o ganho da massa corporal há o aumento na concentração de matéria seca e de gordura corporal e estabilização dos tecidos ósseo e muscular, o que corrobora com os resultados obtidos por Cavalcanti (2014) e Silva (2014), que utilizaram os mesmos animais utilizados no presente estudo, mas estudaram a deposição de músculos, gordura e ossos no corpo dessas fêmeas. Outros autores (Burton e Reid, 1969; Gerassev et al., 2000; Pérez et al., 2001; Baião et al., 2003) também apresentaram resultados semelhantes, reiterando que o desenvolvimento do tecido adiposo não acompanha o crescimento do corpo, desenvolvendo-se tardiamente em fases subsequentes da recria de animais. De maneira geral, a concentração de minerais na gordura é baixa, devido ao efeito de diluição, os demais compartimentos não adiposos refletem esse fenômeno da diluição das massas. Apesar disso, a deposição de cálcio, mesmo que pequena, acompanhou de maneira proporcional a deposição do tecido gorduroso no corpo. Pode-se inferir, portanto, que a necessidade de cálcio nesse tecido é maior após o animal ter atingido sua massa corporal máxima, o que pode estar relacionado ao aumento das anastomoses e desenvolvimento de membranas associadas a este tecido (Macedo Júnior, 2008).

A massa de cálcio na glândula mamária apresentou resposta semelhante ao da gordura, porém a deposição tardia foi menos acentuada nessa característica. É sabido que o desenvolvimento da glândula mamária ocorre durante toda a vida do animal, contudo, é na puberdade e posterior gestação que esse componente estará em maior atividade, ou seja, após o animal ter atingido a sua massa corporal máxima. Com isso, há maior retenção de cálcio, que por sua vez é altamente requerido para a proliferação dos ductos secretores, das células de contração e para a futura produção de leite da ovelha. Isso pode explicar em parte o comportamento tardio para a massa de cálcio nesse local. Outra possível explicação é que durante o processo de desenvolvimento da glândula mamária há aumento de tecido conjuntivo e de deposição de gordura (Schmidt, 1971; Larson, 1985; Akers, 2002), o que foi constatado por Silva (2014). Portanto, é possível que a deposição tardia de cálcio na glândula mamária com aumento da massa corporal do animal também seja atribuída ao aumento da deposição de gordura nesse componente, que, por sua vez, apresenta crescimento alométrico tardio em relação ao corpo.

Por ser composta em grande parte pelos ossos do esqueleto, a carcaça é a variável na qual poderia se esperar comportamento alométrico precoce da massa de cálcio, pois, como já discutido, o tecido ósseo reduz seu crescimento na medida em que o animal se desenvolve. Contudo, a partir da epífise (momento em que há a calcificação da cartilagem e redução do crescimento ósseo), ocorre maior calcificação dos ossos pela mobilização de cálcio da corrente sanguínea, e os mesmos passam a atuar como uma reserva metabólica desse mineral. O cálcio também está presente nos músculos, onde exerce importante papel na contração muscular. Além de todos esses fatores, como o cálcio é um dos minerais que está presente em maior quantidade no corpo, ele apresenta um comportamento semelhante à massa dos minerais totais no corpo, que por sua vez também é tardia.

A massa de cálcio na pele foi a única a apresentar comportamento isométrico, ou seja, $\beta=1$ (Tabela 12), indicando que a deposição desse mineral nessa variável acompanha, de maneira proporcional, o aumento da massa corporal do animal (Figura 1). Isso pode ser explicado pelo baixo teor de cálcio nesse tecido uma vez que, o mesmo tem baixa prioridade na redistribuição desse mineral (Oddy e Annison 1979), e também pelo fato de que o peso da pele seguiu a cronologia de crescimento animal com valores distintos para os três pesos de abate das cordeiras (Silva, 2014). Ao avaliar o conteúdo total de minerais bem como a sua distribuição no corpo de ovinos lanados, Grace (1983) também observou que a massa de cálcio depositada na pele aumentou com o crescimento da massa corporal dos animais.

Nos modelos ajustados para o comportamento alométrico da massa de cálcio nas variáveis cabeça e membros, carcaça, glândula mamária, gordura, pele e vísceras não foi observado efeito ($P>0,05$) dos diferentes regimes alimentares (*ad libitum* e restrito). Para as variáveis TGI e útero, apesar de os melhores modelos ajustados terem incluído os coeficientes alométricos β_1 e β_2 (o que indica que houve separação das variáveis obtidas quanto aos regimes alimentares), não foi observado efeito da alimentação *ad libitum* e restrita. Isso pode ser confirmado pelos resultados observados por Silva (2014), que avaliou a composição química corporal das mesmas cordeiras aqui utilizadas, e concluiu que a restrição nutricional imposta aos animais não foi suficiente para promover alteração na massa dos componentes do trato gastrointestinal e também não afetou a composição química (água, gordura, proteína, minerais e energia) do útero. Essa resposta demonstra que a restrição nutricional imposta não foi severa o bastante para alterar a composição química depositada nesses componentes corporais.

Tabela 12 - Intervalos de confiança (IC95%) dos parâmetros do modelo alométrico ($\hat{\alpha}$ e $\hat{\beta}$) e das funções de variância (F.V.: $\hat{\sigma}_0$, $\hat{\rho}$ e $\hat{\psi}$) da combinação mais provável para cada variável analisada para massa de cálcio (g) escalonada para massa corporal (kg)

Variáveis [†]	F. V.	Parâmetros: $\hat{\mu}_Y$ (valor inferior; valor superior)		Parâmetros: $\hat{\sigma}_Y^2$ (valor inferior; valor superior)
		$\hat{\alpha}$	$\hat{\beta}$	
Cab. e Memb.	<i>Exponencial</i>	14,27(-1,76; 30,29)	0,5619(0,2031; 0,9208)	$\hat{\sigma}_0 = 11,27(3,94; 18,59);$ $\hat{\rho} = 0,0637(0,0132; 0,1141)$
Carcaça	<i>Homogênea</i>	2,00(0,03; 3,97)	1,498(1,207; 1,789)	$\hat{\sigma}_0 = 70,00(55,58; 84,43)$
Gl. Mam.	<i>Exponencial</i>	$9,34 \times 10^{-6}(-1,15 \times 10^{-5}; 3,0 \times 10^{-5})$	2,697(2,041; 3,353)	$\hat{\sigma}_0 = 0,01(0,005; 0,02);$ $\hat{\rho} = 0,0813(0,0401; 0,1224)$
Gordura	<i>Exponencial</i>	$1,61 \times 10^{-5}(-2,01 \times 10^{-5}; 5,2 \times 10^{-5})$	3,147(2,488; 3,806)	$\hat{\sigma}_0 = 0,06(0,03; 0,09);$ $\hat{\rho} = 0,1010(0,0667; 0,1352)$
Pele	<i>Exponencial</i>	0,08(-0,06; 0,22)	0,9395(0,3526; 1,527)	$\hat{\sigma}_0 = 0,17(0,03; 0,30);$ $\hat{\rho} = 0,1288(0,0646; 0,1929)$
TGI	<i>Escalonada</i>	0,78(0,76; 0,80)	$\hat{\beta}_1 = 0,0241(0,0113; 0,0369);$ $\hat{\beta}_2 = 0,0306(0,0201; 0,0411)$	$\hat{\sigma}_0 = 9504,60(9504,59; 9504,61);$ $\hat{\psi} = 55,58(39,02; 72,15)$
Útero	<i>Escalonada</i>	$2,3 \times 10^{-3}(2,3 \times 10^{-3}; 2,3 \times 10^{-3})$	$\hat{\beta}_1 = 0,3728(0,3031; 0,4426);$ $\hat{\beta}_2 = 0,4434(0,3662; 0,5205)$	$\hat{\sigma}_0 = -7,3 \times 10^{-12}(-\infty; +\infty);$ $\hat{\psi} = 2,242(2,147; 2,336)$
Vísceras	<i>Escalonada</i>	0,02(0,02; 0,02);	0,9057(0,8632; 0,9483)	$\hat{\sigma}_0 = 1,4 \times 10^{-6}(-1,4 \times 10^{-5}; 1,7 \times 10^{-5});$ $\hat{\psi} = 0,9179(0,0178; 1,818)$

[†]Variáveis analisadas abreviadas: cabeça e membros (Cab. e Memb.), Glândula mamária (Gl. Mam.), trato gastrintestinal (TGI)

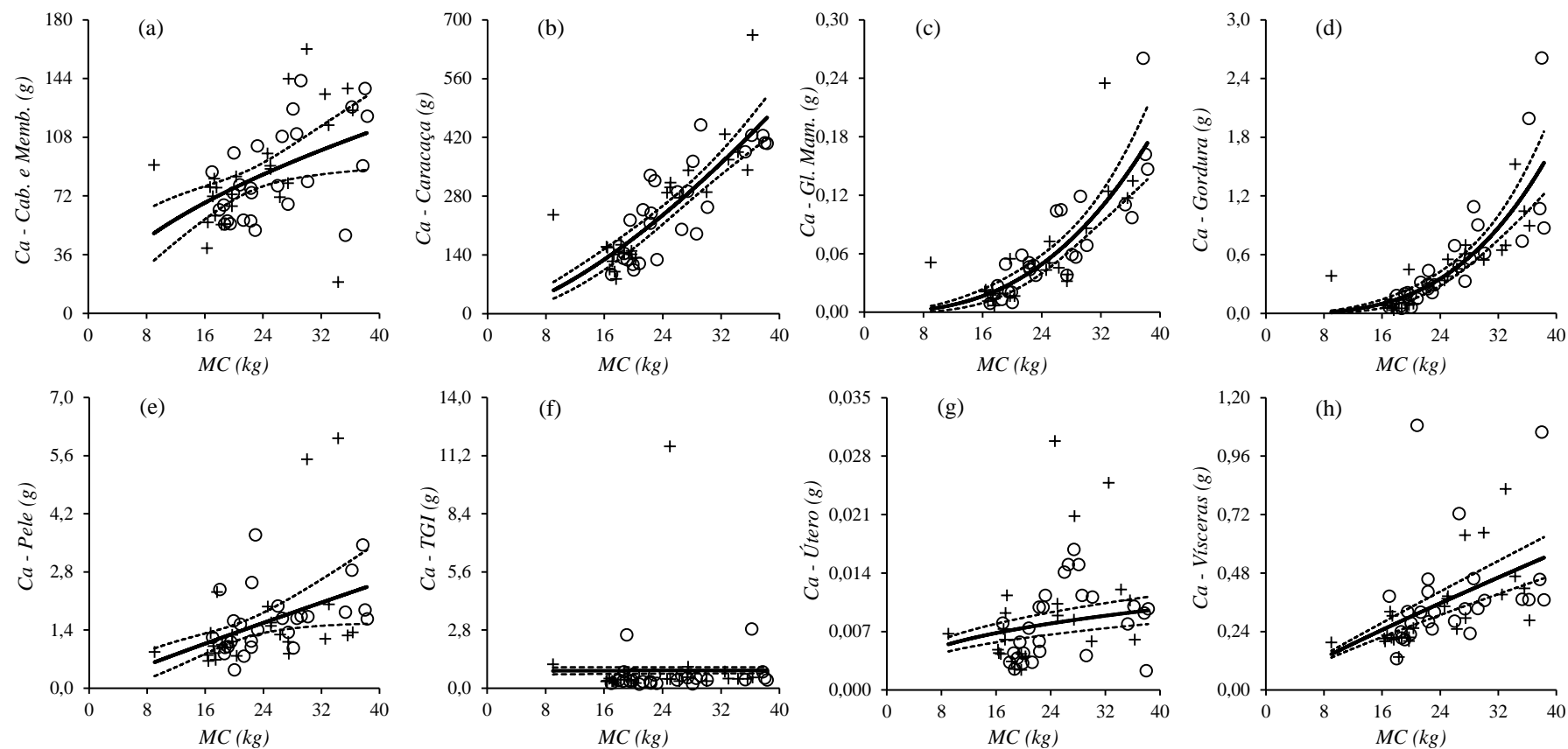


Figura 1 - Valores observados para animais sem restrição alimentar (\circ), para animais em restrição alimentar (+), esperados mais prováveis (linha contínua) e intervalo de confiança de 95% (linha tracejada) relativo ao comportamento alométrico da massa de cálcio (Ca) em diferentes porções corporais de cordeiras em crescimento. Todas as variáveis dependentes foram representadas em função da massa de Ca no corpo vazio ($Ca-MCVZ$, g). As variáveis dependentes são: (a) Cabeça e membros ($Ca-CM$, g; função de variância exponencial); (b) Carcaça ($Ca-Carcaça$, g; função de variância escalonada); (c) Glândula Mamária ($Ca-GM$, g; função de variância exponencial); (d) Gordura ($Ca-Gordura$, g; função de variância escalonada); (e) Pele ($Ca-Pele$, g; função de variância escalonada); (f) Trato gastrointestinal ($Ca-TGI$, g; função de variância escalonada); (g) Útero ($Ca-Útero$, g; função de variância exponencial); e (h) Visceras e sangue ($Ca-Visceras$, g; função de variância escalonada).

4.2.3 Deposição do fósforo no corpo de cordeiras pré-púberes

Não houve efeito ($P>0,05$) dos regimes alimentares sobre o comportamento alométrico da massa de fósforo nas variáveis cabeça e membros, carcaça, glândula mamária, pele, TGI e vísceras (Tabela 13). A análise dos intervalos de confiança dos coeficientes alométricos (β_1 e β_2) dos modelos ajustados para as variáveis gordura e útero indicam que os regimes alimentares também não tiveram efeito sobre a deposição de fósforo nas mesmas.

De acordo com os resultados descritos na Tabela 13, os intervalos dos coeficientes alométricos observados para massa de fósforo nas variáveis cabeça e membros, gordura, TGI e útero indicam que a deposição do mineral nesses compartimentos foi precoce ($\beta<1$) em relação à massa corporal (Figura 2). Resultado coerente, tendo em vista o desenvolvimento mais acelerado do tecido ósseo (ossos da cabeça e dos membros) bem como dos órgãos e do TGI em relação à massa corporal (Berg e Butterfield, 1976).

Esperava-se, no entanto, que a deposição da massa de fósforo ocorresse de maneira tardia na gordura, já que este é um dos últimos componentes a serem depositados no corpo do animal. A resposta alométrica precoce aqui observada pode ser atribuída ao fato de que nos animais abatidos com maior peso (40 kg) a quantidade de fósforo nesse componente era tão baixa, possivelmente devido ao pronunciado efeito de diluição que a gordura exerce, que o limite de detecção do aparelho não foi capaz de quantificá-lo, indicando que a quantidade desse elemento no componente avaliado é mínima no tecido gorduroso dos animais mais velhos, sendo identificado apenas como elemento traço.

A massa de fósforo nos segmentos glândula mamária, pele e vísceras apresentou crescimento isométrico ($\beta=1$) (Tabela 13), ou seja, deposição desse mineral nesses componentes apresentou comportamento semelhante ao da massa corporal (Figura 2).

No trabalho de Grace (1983), que avaliou a distribuição dos elementos minerais nos diferentes tecidos de ovinos lanados em crescimento, foi possível observar que as quantidades médias de fósforo nas vísceras também tiveram o mesmo comportamento. Esses resultados podem ser atribuídos ao fato de que cerca de 20% desse mineral se encontra nos fluidos e tecidos moles do corpo e está em constante movimento para atender a uma série de funções essenciais (Suttle, 2010), independente do peso do animal. Ao ser absorvido, o fósforo é distribuído no organismo pelo plasma e retorna ao

rúmen pela secreção salivar, que permite o fornecimento constante do mineral para as bactérias do rúmen e a manutenção do pH ruminal por meio de sua ação tampão (Vitti et al., 2000). Além de tudo isso, no presente trabalho o sangue foi avaliado juntamente com as vísceras, e este, por sua vez, atua como uma via de extrema importância para a redistribuição e manutenção da homeostase do fósforo no organismo, o que pode ter sido determinante no tipo de reposta de acúmulo de massa desse mineral.

Como descrito por Silva (2014), a glândula mamária teve desenvolvimento tardio com maiores proporções com o aumento do peso de abate. Lew (2007) descreveu que durante os três primeiros meses o desenvolvimento da glândula é isométrico, e que na fase pré-púbere, o desenvolvimento passa a ser alométrico, ou seja, a taxa de crescimento da glândula é mais rápida que a do corpo do animal. Sendo assim, poder-se-ia esperar que o fósforo na glândula mamária apresentasse o mesmo tipo de deposição, tendo em vista o aumento das exigências do mineral neste local com o avanço da idade das cordeiras e proximidade com a puberdade, bem como aumento do tecido secretor neste componente.

Assim como para o cálcio, a pele também tem baixa prioridade na redistribuição do fósforo (Oddy e Annison, 1979). O crescimento isométrico indica que a deposição de fósforo nesse componente ocorre na mesma proporção em que a massa corporal aumenta. Isso também foi constatado por Grace (1983) que observou que as quantidades médias de fósforo retidas na pele elevaram-se na medida em que a massa corporal dos cordeiros aumentou.

A massa de fósforo na carcaça foi a única a apresentar desenvolvimento alométrico tardio, ou seja, $\beta > 1$ (Tabela 13) e (Figura 2). Segundo Almeida (2001), nos trabalhos de crescimento alométrico, a variável carcaça geralmente apresenta crescimento isométrico, indicando que a velocidade de crescimento desse componente é semelhante ao crescimento verificado no todo, ou seja, no peso de corpo vazio (PCVZ), o que também foi constatado por Silva (2014). O valor maior que um ($\beta > 1$) para o coeficiente alométrico para a deposição de fósforo na carcaça encontrado neste estudo pode ser atribuído, assim como para o cálcio, à calcificação da matriz óssea e mobilização do fósforo para ser retido na a mesma após o fechamento da epífise. Além disso, o fósforo também desempenha importantes funções, no tecido muscular, que também é um constituinte da carcaça, contribuindo, portanto para o aumento da deposição do mineral nessa parte do corpo, mesmo após o animal ter atingido sua massa corporal máxima.

Tabela 13 - Intervalos de confiança (IC95%) dos parâmetros do modelo alométrico ($\hat{\alpha}$ e $\hat{\beta}$) e das funções de variância (F.V.: $\hat{\sigma}_0$, $\hat{\rho}$ e $\hat{\psi}$) da combinação mais provável para cada variável analisada para massa de fósforo (g) escalonada para massa corporal (kg)

Variáveis [†]	F. V. [‡]	Parâmetros: $\hat{\mu}_{Y_t}$ (valor inferior; valor superior)		Parâmetros: $\hat{\sigma}_{Y_t}^2$ (valor inferior; valor superior)
		α	β	
Cab. e Memb.	<i>Exponencial</i>	12,98(-0,09; 26,06)	0,3611(0,0347; 0,6876)	$\sigma_0 = 4,35(1,46; 7,25);$ $\rho = 0,0678(0,0161; 0,1194)$
Carcaça	<i>Homogênea</i>	1,90(0,30; 3,49)	1,432(1,183; 1,680)	$\sigma_0 = 43,74(34,96; 52,53)$
Gl. Mam.	<i>Exponencial</i>	0,002(-0,002; 0,01)	1,427(0,8661; 1,988)	$\sigma_0 = 0,03(0,01; 0,06);$ $\rho = 0,0755(0,0289; 0,1224)$
Gordura	<i>Escalonada</i>	0,26(0,21; 0,31)	$\beta_1 = 0,3873(0,2996; 0,4750);$ $\beta_2 = 0,3812(0,2907; 0,4717)$	$\sigma_0 = -1,0 \times 10^{-8}(-\infty; +\infty);$ $\psi = 2,604(2,514; 2,693)$ $\sigma_0 = 0,39(0,27; \times 0,51);$
Pele	<i>Escalonada</i>	$\alpha = 0,03(0,001; 0,06);$	1,120(0,7981; 1,442)	$\psi = 1,984(1,275; 2,694)$
TGI	<i>Homogênea</i>	0,85(0,01; 1,69)	0,4798(0,1765; 0,7830)	$\sigma_0 = 1,18(0,94; 1,41)$
Útero	<i>Escalonada</i>	$\alpha = 0,02(0,01; 0,02)$	$\beta_1 = 0,3831(0,3036; 0,4627);$ $\beta_2 = 0,4604(0,3717; 0,5490)$	$\sigma_0 = -7,62 \times 10^{-12}(-\infty; +\infty);$ $\psi = 2,016(1,961; 2,071)$ $\sigma_0 = 0,30(0,10; 0,51);$
Vísceras	<i>Exponencial</i>	0,19(0,02; 0,35)	0,8245(0,5468; 1,102)	$\rho = 0,0619(0,0093; 0,1145)$

[†]Variáveis analisadas abreviadas: cabeça e membros (Cab. e Memb.), Glândula mamária (Gl. Mam.), trato gastrintestinal (TGI)

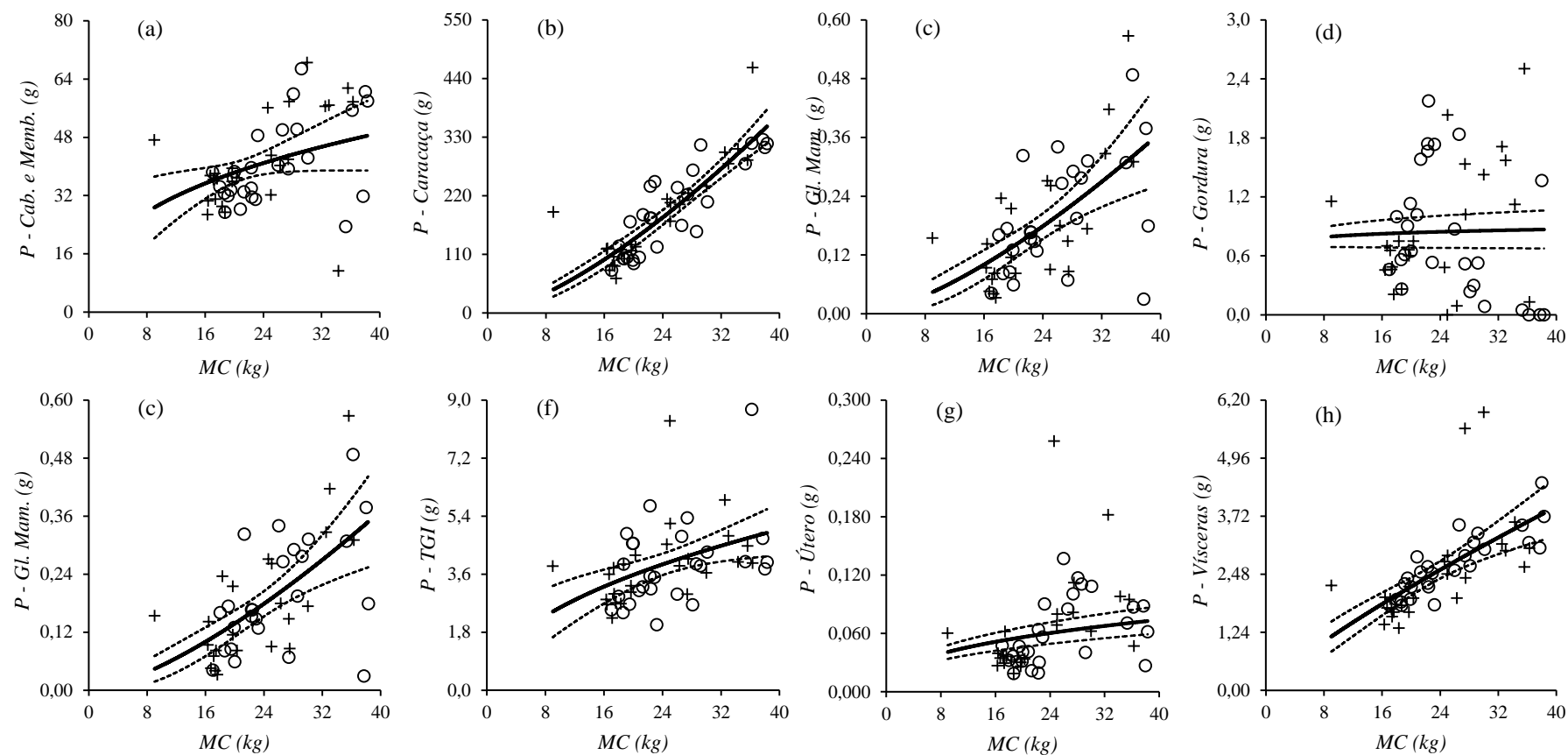


Figura 2 - Valores observados para animais sem restrição alimentar (\circ), para animais em restrição alimentar (+), esperados mais prováveis (linha contínua) e intervalo de confiança de 95% (linha tracejada) relativo ao comportamento alométrico da massa de fósforo (P) em diferentes porções corporais de cordeiras em crescimento. Todas as variáveis dependentes foram representadas em função da massa corporal (MC, kg). As variáveis dependentes são: (a) Cabeça e membros (P -CM, g; função de variância exponencial); (b) Carcaça (P -Carcaça, g; função de variância homogênea); (c) Glândula Mamária (P -GM, g; função de variância exponencial); (d) Gordura (P -Gordura, g; função de variância exponencial); (e) Pele (P -Pele, g; função de variância escalonada); (f) Trato gastrointestinal (P -TGI, g; função de variância homogênea); (g) Útero (P -Útero, g; função de variância escalonada); e (h) Vísceras e sangue (P -Vísceras, g; função de variância exponencial).

4.2.4 Deposição do potássio no corpo de cordeiras pré-púberes

Conforme descrito na Tabela 14, houve um crescimento alométrico precoce ($\beta < 1$) da massa de potássio nas variáveis cabeça e membros, pele, TGI, útero e vísceras (Figura 3). Para cabeça e membros esse comportamento foi ainda mais precoce, quando comparado com as demais variáveis.

O potássio ocorre mais frequentemente nos fluidos corporais e não possui um local específico para sua estocagem (Conrad et al., 1985). É possível, portanto, que a deposição precoce de potássio na cabeça e membros seja atribuída ao fato de que essas se tratam de regiões anatômicas compostas principalmente por ossos, que por sua vez tem baixa prioridade na redistribuição corporal desse mineral.

Segundo Berg e Butterfield (1976), observa-se precocidade no crescimento de órgãos e vísceras na fase inicial de crescimento do animal, o que também foi observado para as cordeiras desse estudo. Dessa forma, a massa de potássio nesses componentes pode ter seguido o mesmo padrão. Vale ressaltar também que o sangue foi avaliado juntamente com as vísceras, e as cordeiras estavam em crescimento, fase na qual o metabolismo, bem como quantidade de sangue demandada são elevados. Consequentemente, como a maior parte do potássio se encontra nos fluidos corporais, a necessidade por este mineral também tende a ser mais elevada. Para o TGI este resultado pode estar atribuído ao maior desenvolvimento desse componente nesse período, principalmente do intestino, local onde ocorre a maior absorção do potássio (Almeida Filho, 2016).

Sabe-se que o potássio é o principal cátion presente na secreção do suor. Poderia ser esperado que a deposição do mesmo na pele ocorresse de maneira isométrica, ou seja, aumentasse na medida em que a massa corporal aumentasse, tendo em vista o crescimento isométrico desse compartimento observado para as cordeiras desse estudo (Silva, 2014) e também maior taxa metabólica dos animais mais pesados, e, possivelmente, maior taxa de perda de potássio através do suor. Contudo, segundo Quesada (2001), para os ovinos a forma mais eficiente de perder calor é a evaporação respiratória. Em condições ideais de temperatura ambiente para os ovinos, 20% das perdas de calor são feitas por meio da respiração e, quando expostos a temperaturas acima de 35°C, a perda de calor via respiração chega a 60% do calor total perdido. Essa pode ser uma possível explicação para o comportamento precoce da massa de potássio nesse tecido.

A massa de potássio nas variáveis glândula mamária e gordura apresentou comportamento isométrico ($\beta=1$) em relação à massa corporal (Tabela 14), ou seja, houve aumento da deposição de potássio na mesma proporção em que cresceu a massa corporal (Figura 3). Para a glândula mamária esses resultados diferem daqueles encontrados por Hassan e Hamouda (1985), que observaram diminuição da concentração de potássio na glândula mamária, em função do avanço na idade das ovelhas, passando de 268,7 para 115,9 mg kg^{-1} na matéria seca desengordurada, para o 1º e 18º mês, respectivamente.

Conforme a Tabela 14, a massa de potássio na carcaça foi a única a apresentar comportamento alométrico tardio ($\beta>1$), o que indica que a maior deposição de potássio nesse componente ocorre após o animal atingir sua massa corporal máxima (Figura 3). Este resultado pode relacionar-se ao fato de que a carcaça é composta em sua grande parte por músculos, e estes, por sua vez, necessitam do potássio para diversas funções vitais e constantes, como por exemplo a contração muscular, a síntese de proteínas e o metabolismo de carboidratos, que independe do peso e/ou idade do animal.

De acordo com os modelos ajustados para a deposição de potássio na carcaça, glândula mamária, gordura e TGI, não houve efeito dos regimes alimentares sobre as mesmas ($P>0,05$). Mesmo contendo os coeficientes β_1 e β_2 , a não sobreposição dos menores e maiores valores dos intervalos de confiança dos respectivos melhores modelos ajustados para a massa de potássio nos componentes cabeça e membros, pele, útero e vísceras demonstrou que também não houve efeito dos regimes alimentares sobre essas variáveis.

Tabela 14 - Intervalos de confiança (IC95%) dos parâmetros do modelo alométrico ($\hat{\alpha}$ e $\hat{\beta}$) e das funções de variância (F.V.: $\hat{\sigma}_0$, $\hat{\rho}$ e $\hat{\psi}$) da combinação mais provável para cada variável analisada para massa de potássio (g) escalonada para massa corporal (kg)

Variáveis [†]	F. V. [‡]	Parâmetros: $\hat{\mu}_{Y_t}$ (valor inferior; valor superior)		Parâmetros: $\hat{\sigma}_{Y_t}^2$ (valor inferior; valor superior)
		α	β	
Cab. e Memb.	<i>Exponencial</i>	$\alpha = 1,24(830,45; 1656,83)$	$\beta_1 = 0,1251(0,0165; 0,2338);$ $\beta_2 = 0,0977(-0,0174; 0,2127)$	$\sigma_0 = 0,11(19,18; 201,49);$ $\rho = 0,0906(0,0252; 0,1560)$
Carcaça	<i>Escalonada</i>	$\alpha = 0,55(0,15; 0,95);$	1,371(1,158; 1,583)	$\sigma_0 = 44,44(-16,89; 105,78);$ $\psi = -0,4233(-0,7884; -0,0582)$
Gl. Mam.	<i>Homogênea</i>	$2,4 \times 10^{-4}(0,05; -0,12)$	1,979(0,05; 1,539)	$\sigma_0 = 0,06(0,05; 44,22);$
Gordura	<i>Exponencial</i>	0,02(-0,01; 0,05)	1,250(0,7772; 1,724)	$\sigma_0 = 0,24(0,11; 0,38);$ $\rho = 0,0539(0,0112; 0,0966)$
Pele	<i>Escalonada</i>	$\alpha = 4,30(3,52; 5,08)$	$\beta_1 = 0,1538(0,0850; 0,2227);$ $\beta_2 = 0,1200(0,0593; 0,1807)$	$\sigma_0 = -0,003(-0,02; 0,01);$ $\psi = 3,355(1,138; 5,572)$
TGI	<i>Homogênea</i>	$\alpha = 1,63(0,29; 2,97)$	0,1976(-0,0583; 0,4535);	$\sigma_0 = 0,81(0,65; 0,98);$
Útero	<i>Escalonada</i>	$\alpha = 2,39 \times 10^{-8}(17886; 29872)$	$\beta_1 = 0,3432(0,2590; 0,4275);$ $\beta_2 = 0,4526(0,3578; 0,5474)$	$\sigma_0 = -7,54 \times 10^{-12}(-\infty; +\infty);$ $\psi = 1,999(1,942; 2,056)$
Vísceras	<i>Escalonada</i>	$\alpha = 0,77(0,77; 0,78)$	$\beta_1 = 0,2815(0,2418; 0,3211);$ $\beta_2 = 0,2877(0,2412; 0,3341)$	$\sigma_0 = 0,01(-0,01; 0,03);$ $\psi = 6,772(2,670; 10,875)$

[†]Variáveis analisadas abreviadas: cabeça e membros (Cab. e Memb.), Glândula mamária (Gl. Mam.), trato gastrointestinal (TGI)

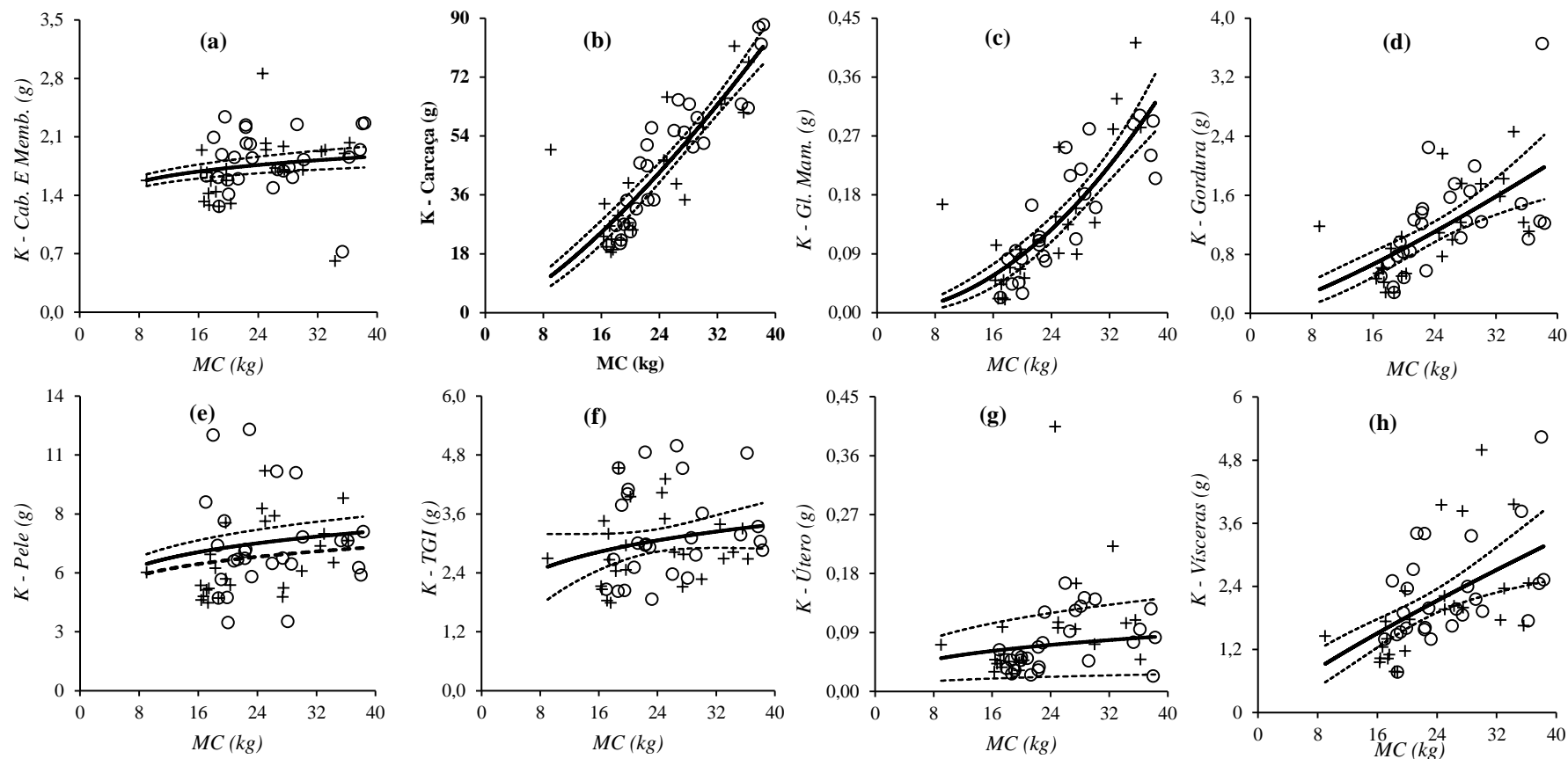


Figura 3 - Valores observados para animais sem restrição alimentar (\circ), para animais em restrição alimentar (+), esperados mais prováveis (linha contínua) e intervalo de confiança de 95% (linha tracejada) relativo ao comportamento alométrico da massa de potássio (K) em diferentes porções corporais de cordeiras em crescimento. Todas as variáveis dependentes foram representadas e função da massa corporal (MC, kg). As variáveis dependentes são: (a) Cabeça e membros ($K-CM$, g; função de variância exponencial); (b) Carcaça ($K-Carcaça$, g; função de variância escalonada); (c) Glândula Mamária ($K-GM$, g; função de variância homogênea); (d) Gordura ($K-Gordura$, g; função de variância exponencial); (e) Pele ($K-Pele$, g; função de variância escalonada); (f) Trato gastrointestinal ($K-TGI$, g; função de variância homogênea); (g) Útero ($K-Útero$, g; função de variância escalonada); e (h) Visceras e sangue ($K-Visceras$, g; função de variância escalonada).

4.2.5 Deposição do sódio no corpo de cordeiras pré-púberes

Os limites dos intervalos dos coeficientes alométricos estimados para as equações de alometria da massa de sódio nas variáveis cabeça e membros, pele, TGI e útero foram menores que um (Tabela 15), indicando que a deposição do mineral nesses tecidos ocorre precocemente em relação à massa corporal (Figura 4). Para as variáveis TGI e útero, esses resultados podem estar relacionados ao tipo de crescimento desses componentes em relação ao corpo, que também é precoce e mais intenso na fase inicial do desenvolvimento animal (Berg e Butterfield, 1976; Silva, 2014), e também pelo fato que o TGI é o local de maior absorção do sódio, assim como para o potássio.

Ressalta-se que as cordeiras apresentaram crescimento tardio da variável cabeça e membros em relação ao PCVZ (Silva, 2014), contudo, o crescimento precoce para a massa de sódio nesse componente pode ser atribuído ao fato de que 33% desse mineral está presente nos ossos (CSIRO, 2007), que por sua vez, apresentam crescimento precoce em relação ao corpo. Grace (1973) também destaca que as concentrações ósseas de sódio nos ossos foram muito mais elevadas do que em outros tecidos, com cerca de 38-45% do mineral em sua composição.

A explicação para a precocidade da massa de sódio na pele pode ser semelhante à do potássio tendo em vista a inter-relação entre esses dois minerais. Esses resultados diferem dos obtidos no trabalho de Grace (1973), nos quais os animais abatidos com peso médio (livre de velo) de 21,6 kg apresentaram cerca de 2479 ± 139 mg de sódio na pele, enquanto que os animais abatidos com 26,6; 33,7; 38,9 e 41,2 kg obtiveram quantidades médias de sódio associado à pele 2980 ± 112 ; $3289 \pm 79,4$; $4150 \pm 67,6$; $4439 \pm 95,0$ mg respectivamente, demonstrando que houve aumento da deposição de sódio nesse tecido com o aumento da massa corporal dos animais. É possível que o velo de ovinos lanados retenham mais sódio e potássio que ovinos deslanados, até mesmo por razões físicas das barreiras impostas pelas lãs. Há de se considerar também diferenças nas taxas de sudorese e produção de suada dos animais lanados. Tais aspectos podem colaborar para que animais Santa Inês, como os aqui utilizados, apresentem resultados de massa para sódio inferior, como consequência do tipo de fêmeas estudadas.

Nas variáveis glândula mamária e gordura, o desempenho para a massa de sódio foi tardio ($\beta > 1$), conforme descrito na Tabela 15 e na Figura 4. Ao avaliarem o crescimento e as alterações bioquímicas nas glândulas mamária de ovelhas de um a 18 meses de idade, Hassan

e Hamouda (1985) registraram que, com o avanço da idade, houve aumento linear no conteúdo de sódio na glândula mamária, e a concentração desse mineral aumentou de 146,3 para 571,2 mg kg⁻¹ de tecido seco desengordurado do primeiro para o oitavo mês de idade, o que corresponde um aumento de aproximadamente 400%. Com a maturação do tecido mamário ocorreu a elevação da relação Na:K que passou de 0,54 no primeiro mês para 4,93 mg kg⁻¹ de tecido seco desengordurado no 18º mês de idade. Segundo esses autores, o incremento das concentrações de sódio nesse tecido pode indicar um aumento no fluido extracelular, ou então refletir o desenvolvimento do sistema vascular da glândula mamária das ovelhas. Esses resultados estão de acordo com os obtidos para as cordeiras deste estudo tendo em vista que a deposição de potássio na glândula mamária acompanhou o desenvolvimento da massa corporal e atingiu o seu máximo quando o animal estava em seu pico crescimento, e após este momento, passou a reduzir. A deposição de sódio, ao contrário, foi menor quando o animal ainda estava em crescimento e só atingiu seu máximo após a maturidade fisiológica do mesmo. Portanto, houve uma elevação da relação Na:K com o avançar da idade dos animais.

A deposição tardia de sódio na gordura, por sua vez, pode estar relacionada ao crescimento tardio desse tecido em relação ao corpo, pois à medida que aumenta o peso de abate, eleva-se a quantidade de gordura depositada na carcaça, conforme observado por Gonzaga Neto et al. (2005) e por Geraseev (2001).

Os valores dos intervalos dos coeficientes alométricos encontrados para as variáveis carcaça e vísceras indicaram que a deposição de sódio nesses componentes foi isométrica em relação à massa corporal, ou seja, $\beta=1$ (Tabela 15) e (Figura 4). Para a carcaça, tais resultados podem estar relacionados ao fato de que esse compartimento corporal seguiu a cronologia do crescimento animal para os três pesos de abate das cordeiras em estudo (Silva, 2014). Esse comportamento também pode ser atribuído ao fato de que o sódio, além das demais funções, também está associado à contração muscular. A deposição de proteína (músculo) no corpo, por sua vez, também seguiu a dinâmica do crescimento animal neste estudo, tendo valores distintos para as três faixas de peso animal, havendo, portanto, estreita relação entre crescimento, metabolismo e acúmulo de sódio no corpo destas fêmeas.

Para as vísceras, o crescimento isométrico da massa de sódio pode estar associado ao fato de o sangue ter sido avaliado juntamente com as mesmas e com o fato de que maior parte desse mineral se encontra nos fluidos corporais nos quais exerce uma série de funções vitais tais como a manutenção da pressão osmótica, do equilíbrio ácido-base, controle do metabolismo da água, absorção de nutrientes e transmissão de impulsos nervosos. Além disso,

como discutido para o potássio, os animais estavam em crescimento, e, portanto, com metabolismo elevado. Sendo assim, fica evidente que a necessidade de sódio nesses componentes é constante, e tende a aumentar na mesma medida em que as necessidades metabólicas aumentam e quando há maior atividade e inervação dos tecidos, ou seja, na mesma proporção em que aumenta a massa corporal.

De acordo com a avaliação dos intervalos dos coeficientes alométricos dos modelos ajustados, não foi observado efeito dos regimes alimentares sobre a massa de sódio e sobre nenhuma das variáveis estudadas ($P > 0,05$) (Tabela 15).

Tabela 15 - Intervalos de confiança (IC95%) dos parâmetros do modelo alométrico ($\hat{\alpha}$ e $\hat{\beta}$) e das funções de variância (F.V.: $\hat{\sigma}_0$, $\hat{\rho}$ e $\hat{\psi}$) da combinação mais provável para cada variável analisada para massa de sódio (g) escalonada para massa corporal (kg)

Variáveis [†]	F. V. [‡]	Parâmetros: $\hat{\mu}_{Y_t}$ (valor inferior; valor superior)		Parâmetros: $\hat{\sigma}_{Y_t}^2$ (valor inferior; valor superior)
		α	β	
Cab. e Memb.	<i>Homogênea</i>	2,19(603,68; 3772,79)	0,1061(-0,1210; 0,3331)	$\sigma_0 = 0,71(569,03; 851,38);$
Carcaça	<i>Exponencial</i>	$\alpha = 0,38(128,41; 629,56);$	1,184(0,9918; 1,375)	$\sigma_0 = 7,10(2872,22; 11318);$ $\rho = -0,0653(-0,1111; -0,0195)$
Gl. Mam.	<i>Homogênea</i>	$8,8 \times 10^{-5}(-78,06; 254,7)$	2,428(1,885; 2,970)	$\sigma_0 = 0,11(107823; 107823);$
Gordura	<i>Exponencial</i>	0,003(-0,003; 0,009)	1,954(1,264; 2,644)	$\sigma_0 = 0,28(0,14; 0,43);$ $\rho = 0,0649(0,0265; 0,1034)$
Pele	<i>Exponencial</i>	0,60(0,09; 1,11)	0,3615(0,1137; 0,6094)	$\sigma_0 = 2,38(0,63; 4,13);$ $\rho = -0,1286(-0,1864; -0,0709)$
TGI	<i>Homogênea</i>	$\alpha = 5,17(4,41; 5,92)$	$\beta_1 = -0,480(-0,542; -0,417);$ $\beta_2 = -0,506(-0,573; -0,438)$	$\sigma_0 = 0,37(0,30; 0,45);$
Útero	<i>Escalonada</i>	$\alpha = 0,009(8,24; 8,98)$	$\beta_1 = 0,3315(0,2768; 0,3863);$ $\beta_2 = 0,3973(0,3344; 0,4601)$	$\sigma_0 = -3,0 \times 10^{-8}(-4,0 \times 10^{-5}; -2,0 \times 10^{-5});$ $\psi = 4,045(3,782; 4,308)$ $\sigma_0 = 0,50(0,14; 0,86);$
Vísceras	<i>Exponencial</i>	0,26(-0,02; 0,54)	0,8262(0,4861; 1,166)	$\rho = 0,0685(0,0116; 0,1254)$

[†]Variáveis analisadas abreviadas: cabeça e membros (Cab. e Memb.), Glândula mamária (Gl. Mam.), trato gastrintestinal (TGI)

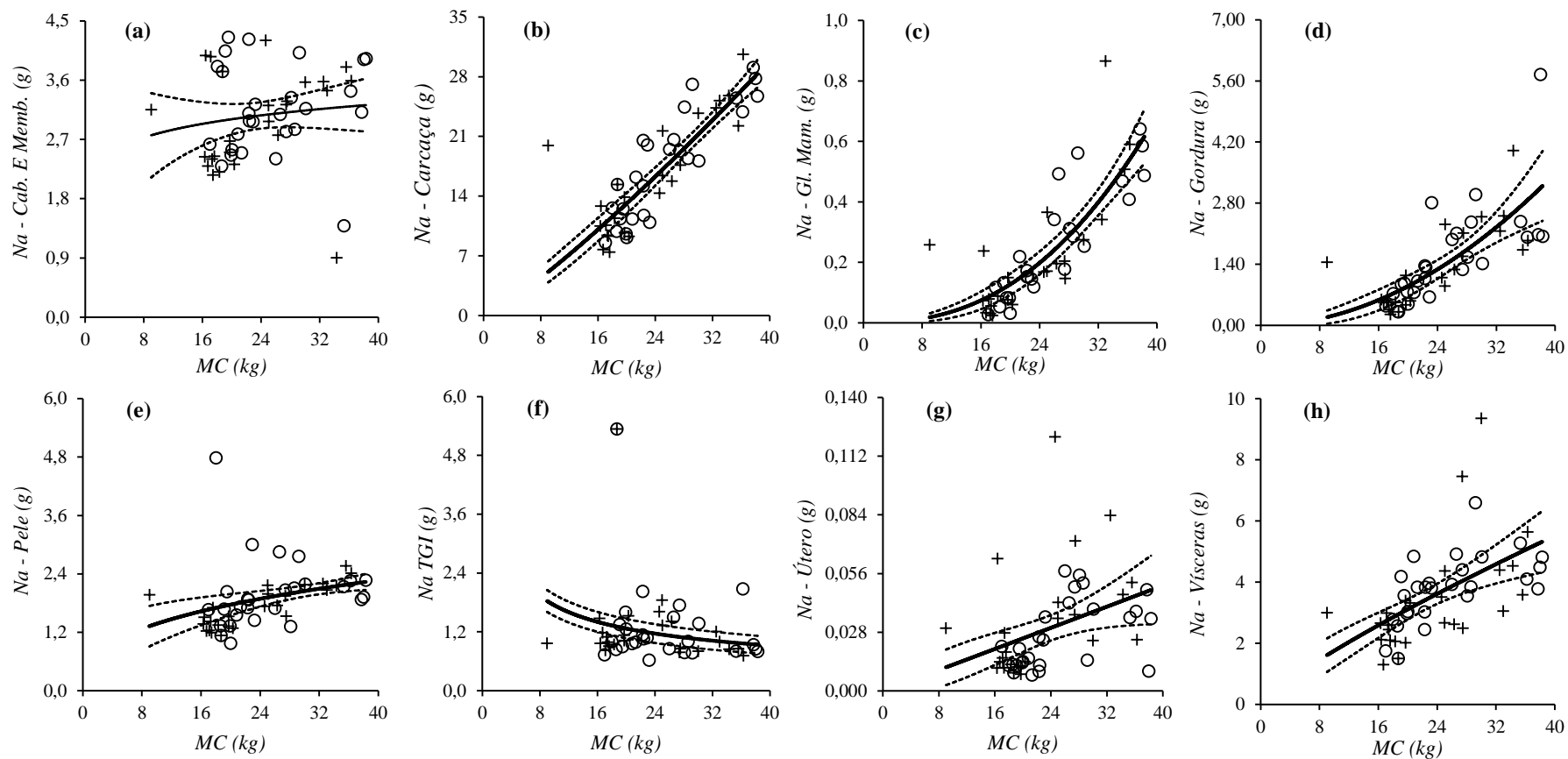


Figura 4 - Valores observados para animais sem restrição alimentar (\circ), para animais em restrição alimentar (+), esperados mais prováveis (linha contínua) e intervalo de confiança de 95% (linha tracejada) relativo ao comportamento alométrico da massa de sódio (Na) em diferentes porções corporais de cordeiras em crescimento. Todas as variáveis dependentes foram representadas em função da massa corporal (MC, kg). As variáveis dependentes são: (a) Cabeça e membros ($Na-CM$, g; função de variância homogênea); (b) Carcaça ($Na-Carcaça$, g; função de variância exponencial); (c) Glândula Mamária ($Na-GM$, g; função de variância homogênea); (d) Gordura ($Na-Gordura$, g; função de variância exponencial); (e) Pele ($Na-Pele$, g; função de variância exponencial); (f) Trato gastrointestinal ($Na-TGI$, g; função de variância homogênea); (g) Útero ($Na-Útero$, g; função de variância escalonada); e (h) Visceras e sangue ($Na-Visceras$, g; função de variância exponencial).

4.2.6 Deposição do magnésio no corpo de cordeiras pré-púberes

Foi observado crescimento alométrico precoce ($\beta < 1$) para a massa de magnésio em relação à corporal para os componentes cabeça e membros, pele, TGI e útero (Tabela 16) e (Figura 5).

As cordeiras tiveram crescimento tardio do componente cabeça e membros com o aumento do peso de abate Silva (2014). A deposição precoce de magnésio aqui encontrada pode relacionar-se ao fato de que o magnésio, assim como o cálcio e o fósforo, está associado à formação dos ossos do crânio e dos dentes, que por sua vez apresentam desenvolvimento precoce em relação ao corpo (Burton e Reid, 1969; Gerassev et al., 2000; Pérez et al., 2001; Baião et al., 2003).

Os resultados obtidos para o desenvolvimento da massa de magnésio nas variáveis TGI e útero podem ser relacionados ao crescimento precoce desses componentes (Berg e Butterfield, 1976). Santos Cruz et al. (2009) avaliando o desenvolvimento dos componentes do peso vivo de cordeiros Santa Inês e Bergamácia abatidos em diferentes pesos defenderam que os componentes torácicos e abdominais, apresentaram ritmo de crescimento menor que o do peso corporal vazio (β iguais a 0,635 e 0,963, respectivamente), ou seja, o ritmo de crescimento passou a ser lento à medida que aumentou o peso vivo. Pires et al. (2000) também verificaram que a proporção dos componentes não carcaça foram maiores para os animais abatidos com peso vivo menor. Isso indica que a necessidade de magnésio no TGI e no útero foi mais elevada na fase inicial do desenvolvimento das cordeiras deste estudo.

A maior parte do magnésio encontra-se nos tecidos ósseo e muscular, nos quais desempenha várias funções importantes (catalizador de enzimas, formação mineral óssea, função muscular, etc.). A excreção desse mineral se dá principalmente pelas fezes, não havendo relatos na literatura de perda do mesmo através da transpiração da pele (suor). Além disso, as cordeiras utilizadas neste estudo apresentaram desenvolvimento isométrico da pele em função das diferentes massas corporais de abate (Silva, 2014) e com isso, seria mais coerente que a deposição de magnésio nesse tecido também acompanhasse o mesmo padrão, tendo em vista baixa participação desse componente na redistribuição desse mineral pelo corpo. Sendo assim, a deposição precoce para a massa de magnésio na pele em relação à massa corporal não foi passível de explicação biológica.

O crescimento da massa de magnésio na carcaça, glândula mamária e gordura foi tardio ($\beta > 1$) (Tabela 16) e (Figura 5). Para a carcaça esse resultado pode ser explicado pelos mesmos fatores relacionados à deposição tardia de cálcio e fósforo nesse componente, já que esses três minerais atuam conjuntamente na deposição e calcificação dos ossos. Além disso, a carcaça também é composta por músculos os quais contêm cerca de 25% do magnésio total do corpo e necessitam continuamente desse mineral para manter sua função metabólica normal, principalmente em animais em crescimento.

A deposição tardia do magnésio na glândula mamária e na gordura pode estar relacionada principalmente ao padrão de deposição desses tecidos no corpo animal, que também é tardio. Guedes (2012) ao avaliar a composição corporal de magnésio em ovelhas Santa Inês gestantes e não gestantes observou que 8% do magnésio total do corpo está associado ao tecido gorduroso desses animais. Embora o presente estudo tenha avaliado uma categoria animal diferente (cordeiras em crescimento), é válido ressaltar que as cordeiras futuramente se tornarão ovelhas em reprodução, e possivelmente apresentarão características corporais semelhantes às dos animais avaliados por Guedes (2012). Como nas ovelhas, o crescimento corporal já se encontra estabilizado e a deposição de gordura tende a aumentar, essa pode ser uma explicação para o comportamento tardio da massa de magnésio no tecido gorduroso das cordeiras. Este mesmo raciocínio pode ser utilizado para explicar a deposição de magnésio na glândula mamária, pois, é nos animais gestantes (principalmente no terço final da gestação) que este tecido estará em sua atividade máxima e o magnésio será requerido, já que o mesmo é um componente do leite.

A massa de magnésio nas vísceras apresentou comportamento isométrico em relação à massa corporal ($\beta = 1$) (Tabela 16), ou seja, a deposição desse mineral nesse componente acompanhou o desenvolvimento da massa corporal (Figura 5). Em ovinos lanados abatidos com pesos livres de velo variando de 21,6 a 41,2 kg, Grace (1983) também observou aumento nas quantidades médias de magnésio associado às vísceras com o aumento do peso dos animais, em especial no fígado, que apresentou as maiores concentrações desse mineral. Isso pode ter relação com a presença do sangue, e também com as elevadas taxas metabólicas das cordeiras, por se tratarem de animais em crescimento. Com isso, as vísceras, principalmente o fígado e o sangue, estão sujeitos a atividade constante, e, conseqüentemente, incessante necessidade do magnésio.

Conforme descrito na Tabela 16, não houve efeito ($P>0,05$) dos regimes alimentares sobre nenhuma das variáveis estudadas.

Tabela 16 - Intervalos de confiança (IC95%) dos parâmetros do modelo alométrico ($\hat{\alpha}$ e $\hat{\beta}$) e das funções de variância (F.V.: $\hat{\sigma}_0$, $\hat{\rho}$ e $\hat{\psi}$) da combinação mais provável para cada variável analisada para massa de magnésio (g) escalonada para massa corporal (kg)

Variáveis†	F. V.‡	Parâmetros: $\hat{\mu}_{Y_t}$ (valor inferior; valor superior)		Parâmetros: $\hat{\sigma}_{Y_t}^2$ (valor inferior; valor superior)
		α	β	
Cab. e Memb.	<i>Exponencial</i>	0,50($-\infty$; $+\infty$)	0,4072(0,3775; 0,4369)	$\sigma_0 = 300(-\infty; +\infty)$; $\rho = 0,0565(0,0419; 0,0711)$
Carcaça	<i>Escalonada</i>	$\alpha = 0,09(0,02; 0,16)$;	1,392(1,180; 1,605)	$\sigma_0 = 4,69(1,20; 8,18)$; $\psi = -0,05262(0,8784; -0,1740)$
Gl. Mam.	<i>Homogênea</i>	$5,41 \times 10^{-6}(-4,4 \times 10^{-6}; 1,52 \times 10^{-5})$	2,404(1,881; 2,927)	$\sigma_0 = 4,58(3,64; 5,52)$;
Gordura	<i>Exponencial</i>	$8,03 \times 10^{-5}(-3,8 \times 10^{-5}; 0,2 \times 10^{-4})$	2,239(1,804; 2,673)	$\sigma_0 = 0,02(9,76; 30,34)$; $\rho = 0,0570(2,0 \times 10^{-5}; 1,0 \times 10^{-4})$
Pele	<i>Homogênea</i>	0,04($-0,004$; 0,08)	0,5515(0,2161; 0,8869)	$\sigma_0 = 0,08(0,06; 0,09)$;
TGI	<i>Exponencial</i>	0,03($-0,04$; 0,06)	0,6266(0,2674; 0,9857)	$\sigma_0 = 0,03(0,010,05)$; $\rho = 0,0560(0,0136; 0,0985)$
Útero	<i>Escalonada</i>	$\alpha = 0,001(9,3 \times 10^{-4}; 0,001)$	$\beta_1 = 0,3119(0,2416; 0,3823)$; $\beta_2 = 0,3970(0,3171; 0,4770)$	$\sigma_0 = -7,34 \times 10^{-12}(-\infty; +\infty)$; $\psi = 2,385(2,279; 2,491)$
Vísceras	<i>Homogênea</i>	0,01($2,5 \times 10^{-5}$; 0,02)	0,8595(0,5576; 1,161)	$\sigma_0 = 0,05(0,04; 0,06)$;

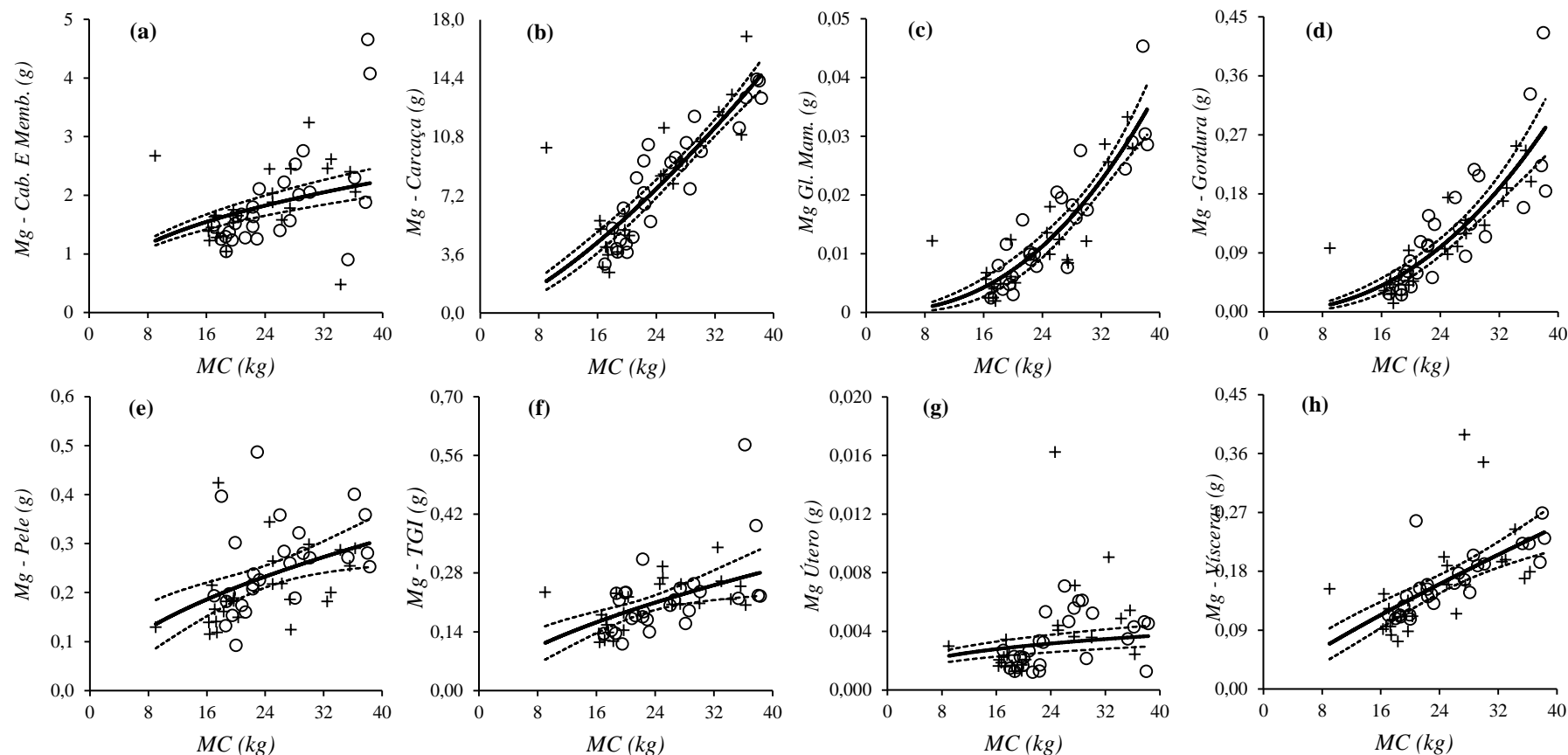


Figura 5 - Valores observados para animais sem restrição alimentar (\circ), para animais em restrição alimentar (+), esperados mais prováveis (linha contínua) e intervalo de confiança de 95% (linha tracejada) relativo ao comportamento alométrico da massa de magnésio (Mg) em diferentes porções corporais de cordeiras em crescimento. Todas as variáveis dependentes foram representadas em função da massa corporal (MC, kg). As variáveis dependentes são: (a) Cabeça e membros ($Mg-CM$, g; função de variância exponencial); (b) Carcaça ($Mg-Carcaça$, g; função de variância escalonada); (c) Glândula Mamária ($Mg-GM$, g; função de variância homogênea); (d) Gordura ($Mg-Gordura$, g; função de variância exponencial); (e) Pele ($Mg-Pele$, g; função de variância homogênea); (f) Trato gastrointestinal ($Mg-TGI$, g; função de variância exponencial); (g) Útero ($Mg-Útero$, g; função de variância escalonada); e (h) Vísceras e sangue ($Mg-Vísceras$, g; função de variância homogênea).

4.3 Ganho de macrominerais

4.3.1 Ganho de cálcio no corpo das cordeiras pré-púberes

Com base nos intervalos de confiança de ganho cálcio no corpo vazio escalonado para massa corporal (MC) e para massa corporal vazia (MCVZ) descritos na Tabela 17 pode-se inferir que houve variação na quantidade de cálcio depositada no corpo vazio das cordeiras em função do aumento MC desses animais. Esses resultados diferem dos valores propostos pelo ARC (1980), que considera a deposição de cálcio constante, independente do peso animal. O AFRC (1991), por sua vez, reexaminou o modelo proposto pelo ARC (1980) e admitiu que o depósito de cálcio decresce com a maturidade, o que também foi observado nesta pesquisa.

Gerassev et al (2000), ao avaliarem a composição corporal em cálcio de cordeiros Santa Inês, observaram valores de 15,431 e 13,973 g de cálcio/kg de MCVZ para animais com massas corporais de 15 e 25 kg, respectivamente, demonstrando que houve redução na concentração de cálcio no corpo vazio dos animais em função do aumento do peso vivo dos mesmos. Annenkov (1982) também encontrou valores de concentração corporal de cálcio decrescente para cordeiros na faixa de 10 a 30 kg de MC, sendo que o conteúdo de cálcio variou de 10,30 a 10,20 g de cálcio/kg de MCVZ.

Em estudo onde avaliou a composição corporal de macrominerais para cordeiros Morada Nova, Gonzaga Neto et al (2005) constataram aumento nas concentrações de cálcio com o aumento da MC. Os autores atribuíram tais resultados ao fato de que os animais ainda estavam em crescimento, e a maioria do cálcio se encontra nos ossos. Por outro lado, quando esses mesmos autores consideraram o conteúdo de cálcio por unidade de peso, ou seja, em g/kg de MCVZ, os resultados indicaram decréscimo no conteúdo de cálcio.

O AFRC (1991) desenvolveu equações para obter estimativas do teor de cálcio do ganho de MC (em g/kg) em ovinos de diferentes pesos adultos. Essas equações foram baseadas no crescimento ósseo e através das mesmas encontrou-se valores 10,0; 8,2; 7,3 e 6,8 g de cálcio/ kg de ganho de MC para animais com massas corporais de 10, 20, 30 e 40 kg, respectivamente. Esses valores se encontram fora dos intervalos

encontrados nesta pesquisa, ficando abaixo dos valores observados para os animais de 20 e 30 kg de MC. Tais resultados podem estar relacionados a diferenças de composição da carcaça bem como da raça, condições climáticas e manejo alimentar às quais os animais foram submetidos. Portanto, valores sobre a composição, obtidos com raças e condições climáticas diferentes, devem ser utilizados com cautela.

Na Tabela 17, analisando os valores dos intervalos obtidos para o ganho de cálcio no corpo vazio escalonado para a massa corporal vazia (MCVZ) observa-se que os mesmos se aproximam dos resultados relatados por Baião et al (2003) mas estão fora do intervalo observados nessa pesquisa. Ao avaliarem a composição corporal de cálcio de cordeiros Santa Inês esses autores obtiveram valores de 13,753; 13,118; 12,632; 12,242 e 11,789 g de cálcio/kg de MCVZ para cordeiros com MC de 20, 25, 30, 35 e 40 kg, respectivamente, valores estes que estão um pouco abaixo do que foi encontrado neste estudo. Esses autores constaram redução da quantidade de cálcio depositada na MCVZ com o aumento da MC dos animais.

Tabela 17. Intervalos de confiança para ganho dos macrominerais cálcio (Ca), fósforo (P), magnésio (Mg), sódio (Na) e potássio (K) no corpo vazio escalonados a massa corporal, a massa corporal vazia a um (MCVZ) e a 3/4 (MCVZ^{0,75}) de potências predita em diferentes massas corporais de cordeiras em crescimento

Variáveis, unidade	Massa corporal, kg				
	20	25	30	35	38
Ca, g/kg	16,14 (13,19; 19,09)	17,17 (12,74; 21,60)	18,06 (12,25; 23,88)	18,86 (11,74; 25,97)	19,29 (11,44; 27,14)
P, g/kg	11,21 (9,23; 13,18)	11,84 (8,92; 14,75)	12,38 (8,60; 16,16)	12,86 (8,27; 17,45)	13,12 (8,08; 18,16)
Mg, g/kg	0,51 (0,45; 0,58)	0,55 (0,45; 0,65)	0,58 (0,44; 0,72)	0,61 (0,44; 0,79)	0,63 (0,43; 0,83)
Na, g/kg	1,11 (0,96; 1,27)	1,10 (0,90; 1,31)	1,09 (0,85; 1,34)	1,09 (0,81; 1,36)	1,08 (0,79; 1,38)
K, g/kg	2,60 (2,08; 3,13)	2,67 (1,95; 3,38)	2,72 (1,84; 3,60)	2,76 (1,73; 3,79)	2,79 (1,68; 3,90)
MCVZ, kg	16,54 (15,36; 17,73)	20,61 (19,62; 21,61)	24,68 (23,42; 25,94)	28,75 (26,96; 30,54)	31,19 (29,03; 33,35)
Ca, g/kg	17,51 (13,73; 21,30)	17,90 (13,18; 22,62)	18,22 (12,70; 23,74)	18,50 (12,27; 24,72)	18,65 (12,04; 25,25)
P, g/kg	12,79 (10,47; 15,10)	13,21 (10,30; 16,11)	13,56 (10,14; 16,98)	13,86 (9,99; 17,74)	14,03 (9,90; 18,16)
Mg, g/kg	0,603 (0,515; 0,690)	0,635 (0,520; 0,750)	0,663 (0,522; 0,804)	0,687 (0,523; 0,851)	0,700 (0,523; 0,878)
Na, g/kg	1,32 (1,18; 1,46)	1,30 (1,13; 1,46)	1,28 (1,09; 1,47)	1,26 (1,05; 1,48)	1,26 (1,03; 1,48)
K, g/kg	3,24 (2,64; 3,84)	3,34 (2,58; 4,10)	3,43 (2,53; 4,33)	3,51 (2,48; 4,54)	3,55 (2,46; 4,65)
MCVZ ^{0,75} , kg ^{0,75}	8,20 (7,76; 8,64)	9,67 (9,32; 10,02)	11,07 (10,65; 11,45)	12,412 (11,83; 13,00)	13,20 (12,51; 13,88)
Ca, g/kg ^{0,75}	35,32 (27,68; 42,96)	38,14 (28,08; 48,19)	40,61 (28,31; 52,91)	42,83 (28,42; 57,24)	44,07 (28,45; 59,68)
P, g/kg ^{0,75}	25,79 (21,12; 30,46)	28,14 (21,95; 34,33)	30,22 (22,60; 37,84)	32,10 (23,12; 41,08)	33,16 (23,39; 42,92)
Mg, g/kg ^{0,75}	1,22 (1,04; 1,39)	1,36 (1,11; 1,60)	1,48 (1,16; 1,79)	1,59 (1,21; 1,97)	1,66 (1,24; 2,07)
Na, g/kg ^{0,75}	2,66 (2,39; 2,93)	2,76 (2,41; 3,12)	2,85 (2,42; 3,28)	2,93 (2,43; 3,42)	2,97 (2,44; 3,50)
K, g/kg ^{0,75}	6,5 (5,32; 7,74)	7,12 (5,50; 8,74)	7,65 (5,64; 9,66)	8,13 (5,75; 10,50)	8,40 (5,81; 10,98)

4.3.2 Ganho de fósforo no corpo das cordeiras pré-púberes

Assim como para o cálcio, a quantidade de fósforo depositada no corpo das cordeiras também variou em função do aumento da MC desses animais (Tabela 17). O AFRC (1991) considera valores de 5,1 e 4,7 g/kg de ganho de peso vivo para ovinos de 20 e 30 kg de MC, respectivamente. Esses valores estão fora e abaixo do intervalo de valores encontrados nessa pesquisa.

Com relação ao ganho de fósforo no corpo vazio, o ARC (1980) e o NRC (1985) consideram que a deposição desse mineral no corpo de ovinos é constante, com o valor de 6g/kg de ganho de peso de corpo vazio, o que não foi observado nesse estudo, uma vez que o ganho de fósforo no corpo vazio escalonado para a MCVZ variou com o aumento da MC.

Baião et al (2003) encontraram valores de 7,568; 7,150 e 7,000 g de fósforo/kg de MCVZ para cordeiros Santa Inês com MC de 20, 30 e 35 kg, respectivamente. Pérez et al (2001) observaram concentrações de fósforo de 8,028; 6,593 e 6,184 g de fósforo/kg de MCVZ para cordeiros Santa Inês com 20, 30 e 35 kg de MC, respectivamente. Cabral (2007), ao avaliar a composição corporal de macrominerais de cordeiros Santa Inês encontrou valores de 5,74 e 5,33 g de fósforo/kg de MCVZ. Os resultados obtidos por esses autores estão fora e abaixo dos intervalos observados nessa pesquisa. Isso pode estar relacionado com as diferentes categorias sexuais que foram utilizadas, bem como com condições de alimentação e clima diferenciados.

Estudando a composição corporal de ovelhas mestiças lanadas confinadas, Goularte (2014) encontrou valores de 5,3631; 5,3346; e 5,3114 g de fósforo/kg de MCVZ para ovelhas com 24, 30 e 36 kg de MC. O valor observado para os animais de 30 kg está fora e bem abaixo dos intervalos dos valores encontrados nesta pesquisa. Isso pode estar relacionado ao fato de que este autor trabalhou com animais lanados, de raça diferente da utilizada nesta pesquisa, que, portanto, possui composição corporal de ossos e gordura diferenciada. Além disso, a categoria animal utilizada também foi diferente, e por se tratar de ovelhas é esperado que a concentração no corpo das mesmas seja menor que a de cordeiras em crescimento, tendo em vista a redução do crescimento ósseo e aumento da deposição de gordura com a maturidade.

4.3.3 Ganho de potássio no corpo das cordeiras pré-púberes

Conforme pode ser observado na Tabela 17, houve variação no conteúdo de potássio, no corpo vazio escalonado para a MC, MCVZ e MCVZ^{0,75}. Tais resultados estão diferentes e maiores daquele estimado pelo ARC (1980), que propõe concentração constante desse mineral no corpo animal e considera que a deposição é de 1,8 g de potássio/kg de ganho médio diário do corpo vazio.

Ao avaliarem a composição corporal em macrominerais de cordeiros Santa Inês em crescimento, Gerassev et al (2001) constataram decréscimo na concentração de potássio no corpo vazio com o aumento da massa corporal dos animais, como consequência da redução do crescimento ósseo e aumento na concentração de gordura. Esses autores observaram concentrações de 2,813; 2,672 e 2,616 g de potássio/kg de MCVZ para os animais com 20, 30 e 35 kg de MC respectivamente. Esses valores se encontram dentro dos intervalos observados nesta pesquisa.

Baião et al (2004), ao trabalharem com cordeiros Santa Inês e seus cruzamentos observaram valores fora dos intervalos e abaixo dos encontrados nesta pesquisa para animais Santa Inês puros bem como para seus cruzamentos com animais Bergamácia e Texel. Foram relatados valores de 2,007; 1,836 e 1,777 g de potássio/kg de MC para os cordeiros com 20, 30 e 35 kg de MC, respectivamente. É possível que essas diferenças na composição corporal sejam devidas às diferenças de categoria sexual, e, conseqüentemente, a diferenças existentes no peso e na proporção de ossos e gordura corporal. Também é possível que as condições climáticas tenham influenciado nos resultados, tendo em vista esta pesquisa foi desenvolvida na região de Belo Horizonte, em condições de temperatura geralmente superiores a aquelas do trabalho de Baião et al (2004).

Em trabalho onde avaliou as quantidades e a distribuição dos elementos minerais associados ao peso corporal livre de velo, Grace (1983) observou que as quantidades médias de potássio no corpo vazio livre de velo de cordeiros lanados em crescimento foram aproximadamente de 50205 ± 1047 ; 75811 ± 1722 e 90032 ± 1624 mg de potássio para animais com médias de MVCZ de 21,6; 33,7 e 38,9 kg de MC respectivamente. Esses valores estão próximos, porém fora e abaixo dos intervalos observados nesta pesquisa para as cordeiras com 20, 35 e 38 kg de MC respectivamente,

o que pode estar relacionado a fatores como raça, condições climáticas e tipo de alimentação utilizada.

4.3.4 Ganho de sódio no corpo das cordeiras pré-púberes

O ARC (1980) preconiza o valor fixo de 1,1g de sódio para a composição do ganho, o que não ocorreu neste estudo, tendo em vista a variação do ganho de sódio no corpo vazio escalonado para a MC, MCVZ e $MCVZ^{0,75}$ em função do aumento da MC, como observado na Tabela 17.

No trabalho de Baião et al (2004), as estimativas do conteúdo de sódio para cordeiros Santa Inês puros bem como para suas cruzas com Bergamácia e Texel foram de 1,546; 1,400 e 1,349 g de sódio/kg de MCVZ para cordeiros com 20, 30 e 35 kg de massa corporal respectivamente. O valor observado para os animais de 20 kg de MC está fora e acima daquele observado para os animais desta pesquisa, com esta mesma MC. Por outro lado, os resultados obtidos para os animais com 30 e 35 kg se encontram dentro dos intervalos de valores encontrados para as cordeiras deste estudo. A quantidade de sódio depositada no corpo de cordeiros Morada Nova com 20 kg de MC também foi maior e ficou fora do intervalo observado nesta pesquisa, conforme descrito no estudo de Gonzaga Neto et al (2005).

Gerassev et al (2001) relataram valores de concentração de sódio de 1,719; 0,974 e 0,923 g de sódio/kg de MCVZ para cordeiros com 20, 30 e 35 kg de MC, respectivamente. Quando comparados com os intervalos obtidos nesta pesquisa verifica-se que os valores encontrados por esses autores para os animais com 20 kg de MC estão fora e acima do intervalo encontrado para as cordeiras deste estudo. No caso dos animais com 30 e 35 kg, observa-se o oposto, estando os valores fora e abaixo dos intervalos encontrados no presente estudo.

As concentrações de sódio no corpo vazio livre de velo em cordeiros lanados com 21,6; 33,7 e 38,9 kg de MC foram respectivamente 26480 ± 520 ; 37355 ± 433 e 43595 ± 462 mg no trabalho de Grace (1983). Observando os intervalos obtidos nesta pesquisa para os animais dos 20 aos 25 kg de MC e dos 30 aos 35 kg de MC pode-se

concluir que os valores obtidos por este autor são semelhantes aos resultados observados no presente trabalho para as cordeiras nessas faixas de peso.

4.3.5 Ganho de magnésio no corpo das cordeiras pré-púberes

De acordo com a Tabela 17, observa-se que houve alteração no conteúdo de magnésio em função do aumento da MC das cordeiras, o que difere das estimativas do ARC (1980), que preconiza o valor fixo de 0,41 g para a composição do ganho deste mineral em ovinos. Se considerarmos os valores para o ganho de magnésio no corpo vazio escalonado para MCVZ, nota-se, de maneira geral que houve uma tendência de aumento da deposição desse mineral com o aumento da MC.

Goularte (2014) encontrou valores 0,633; 0,643 e 0,651 g de magnésio/kg de MCVZ de fêmeas ovinas mestiças com massas corporais de 24, 30 e 36 kg, respectivamente. Apesar dos valores numéricos terem aumentado em função do aumento da MC, este autor relatou que não houve alteração na concentração de magnésio com o aumento da MCVZ e associou esse resultado com a menor concentração deste mineral na matriz óssea (70% em relação ao cálcio) e à presença do mesmo em outros tecidos da carcaça, particularmente o muscular, e em menor escala o adiposo, que aumentam proporcionalmente ao PCVZ. Embora esses tecidos apresentem menor concentração de magnésio, o aumento da deposição dos mesmos com o avanço da maturidade dos animais, contribui para manter suas concentrações mais estáveis na composição do ganho corporal, compensando a deposição nos ossos.

Os valores dos intervalos do ganho de magnésio no corpo vazio escalonado a MVCZ encontrados nessa pesquisa estão próximos aos estimados por Gerassev et al (2001). Para os cordeiros com massas corporais de 20, 30 e 35 kg, esses autores encontraram valores de concentração de 0,572; 0,544 e 0,532 kg de magnésio/kg de MCVZ, respectivamente. Tais resultados se encontram dentro dos intervalos observados para as cordeiras deste estudo, com as mesmas massas corporais. Esses autores relataram ainda que houve decréscimo na concentração deste mineral o que pode ser explicado pelo aumento na concentração de gordura e pela redução do crescimento ósseo.

Baião et al (2004), encontraram maiores valores para o conteúdo de magnésio no corpo vazio de cordeiros Santa Inês puros em relação aos seus cruzamentos com Bergamácia, Ile de France e Texel. Esses autores observaram valores de 0,580; 0,545 e 0,533 kg de magnésio/kg de MCVZ para cordeiros Santa Inês com 20, 30 e 35 kg de MC, respectivamente, que por sua vez, estão dentro dos intervalos observados nesta pesquisa para cordeiras com as mesmas massas corporais.

5 CONCLUSÕES

Baseado nas condições experimentais, as variáveis testadas são satisfatoriamente explicadas por modelos alométricos.

Os regimes alimentares não exercem efeito sobre a deposição dos macrominerais sobre nenhum dos componentes corporais avaliados.

Tiveram deposição precoce para todos os macrominerais: cabeça e membros, TGI e útero; na carcaça os depósitos foram tardios, exceto para o sódio que se manteve. Os demais compartimentos apresentaram deposição diferenciada para os minerais, sendo que a glândula mamária e a gordura corporal tiveram deposição de cálcio, sódio e magnésio tardios e potássio estável. Pele e vísceras apresentaram deposições distintas para os macrominerais estudados.

À medida que aumenta a MC há também o aumento no ganho de cálcio, fósforo, potássio, sódio e magnésio no corpo vazio escalonado a massa corporal vazia a um (MCVZ) e a 3/4 (MCVZ^{0,75}) das cordeiras.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL – AFRC. *A reappraisal of the calcium and phosphorus requirements of sheep and cattle. Technical Committee on Responses to Nutrients, Report Number 6. Nutrition Abstracts and Reviews (Series B)*, 61 (9), p. 573–612, 1991.

AKERS, R. M. *Lactation and the mammary gland*. 1st ed ed. Ames, Iowa: Iowa State University Press, 2002.

ALMEIDA, M.I. Avaliação do crescimento de tecidos e órgãos de novilhos mestiços Holandês-Gir durante o ganho compensatório. *Rev. Bras. de Zootec.*, v.30, n.2, p.526-534, 2001.

ALMEIDA FILHO, S. L. de. *Minerais para ruminantes* – Uberlândia: EDUFU, 2016. 138 p.

ANNENKOV, B.N. *Mineral feeding of sheep*. In: GEORGIEVSKII, V.I., ANNENKOV, B.N., SAMOKHIN, V.I. (Eds) *Mineral nutrition of animals*. London: Butterworths. p.321-354, 1982.

AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY), 2000. *Official Methods of Analysis*, 17th ed, Washington, D.C. USA.

AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL – ARC. *The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock*. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, Slough, UK, p. 184–192, 1980.

ÁVILA, V.S.; OSÓRIO, J.C.S. Efeito do sistema de criação, época de nascimento e ano na velocidade de crescimento de cordeiros. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, v.25, n.5, p. 1007-1016, 1996.

BAIÃO, E.A.M.; PÉREZ, J.R.O.; BAIÃO, A.F.F. Composição corporal e exigências nutricionais de cálcio e fósforo para ganho em peso de cordeiros. *Ciênc. agrotec., Lavras.*, v.27, n.6, p. 1370-1379, 2003.

BAIÃO, E.A.M.; PÉREZ, J.R.O.; BAIÃO, A.F.F et al. Composição corporal e exigências nutricionais de magnésio, potássio de cordeiros Santa Inês e seus cruzamentos com Bergamácia, Ile de France e Texel dos 15 aos 45 kg de peso vivo. *Ciênc. agrotec., Lavras.*, v.28, n.1, p. 156-166, 2004.

BECKMAN, M.J., GOFF, J.P., REINHARDT, T.A.; BEITZ, D.C. et al. In vivo regulation of rat intestinal 24-hydroxylase: potential new role of calcium. *Endocrinology*, v.135. p. 1951–1955, 1994.

BELL, F.R. Perception of sodium and sodium appetite in farm animals. Phillips, C.J.C. and Chiy, P.C. (eds) *Sodium in Agriculture*. Chalcombe Publications, Canterbury, UK, p. 82–90, 1995.

BERG, R.T.; BUTTERFIELD, R.M. *New concepts of cattle growth*. Sidney: Sidney University, 240p, 1976.

BERG, R.T.; BUTTERFIELD, R.M. Muscle: bone ratio and fat percentage as measures of beef carcass composition. *Anim. Prod.*, v.8, n.1, p. 1-11, 1966.

BERGER, L.L. Comparison of National Research Council feedstuff mineral composition data with values from commercial laboratories. PROCEEDINGS OF GEORGIA NUTRITION CONFERENCE, Atlanta, 1990. University of Georgia, Atlanta, Georgia, p. 54–62, 1990.

BERNER, Y. N. *Phosphorus*. Handbook of Nutritionally Essential Mineral Elements, B. L. O'Dell and R. A. Sunde, eds. New York: Marcel Dekker. p. 63–92, 1997.

BORGES, E. E. S., FILHO, J. C. S; ROQUE, N. C, et al. Dinâmica do fósforo em ovinos alimentados com dietas contendo diversos níveis deste mineral. *Rev. Bras. Zootec.*, v.37, n.9, p. 1679-1684, 2008.

BOWN, M.D.; POPPI, D.P.; SYKES, A.R. The effect of a concurrent infection of *Trichostrongylus colubriformis* and *Ostertagia circumcincta* on calcium, phosphorus and magnesium transactions along the digestive tract of lambs. *J. comp. pathol* v.101, p. 11–20, 1989.

BRAVO, D., SAUVANT D., BOGAERT, C. et al. Quantitative aspects of phosphorus absorption in ruminants. *Rev. Reprod. Nutr.*, v. 43, p. 285-300, 2003.

BREVES, G., ROSS, R.; HOLLER, H. Dietary phosphorus depletion in sheep: effects on plasma inorganic phosphorus, calcium, 1, 25-(OH) 2-Vit.D and alkaline phosphatase on gastrointestinal P and Ca balances. *J. Agr. Sci.*, Cambridge, v.105, p. 623–629, 1985.

BREVES, G.; B. SCHRODER. Comparative aspects of gastrointestinal phosphorus metabolism. *Nutr. Res. Rev.* v.4, p. 125– 140, 1991.

BRODY, S. *Bioenergetics and growth. With special reference to the efficiency complex in domestic animals.* Reinhold Publishing Co., New York, 1945.

BRONNER, F. Intestinal calcium absorption: mechanisms and applications. *J. Nutr.*, v.117, p. 1347–1352, 1987.

BROWN, E.M. Extracellular Ca^{2+} sensing, regulation of parathyroid cell function and role of Ca^{2+} and other ions as extracellular (first) messengers. *Physiol. Rev.*, v.71, p. 371–411, 1991.

BURNHAM, K.P.; ANDERSON, D.R. P values are only an index to evidence: 20th vs. 21st century statistical science. *Ecology*, v.95, p. 627-630, 2014.

BURROUGHS, W.; LATONE. A.; DEPAUL. P. et al. Mineral influences upon urea utilization and cellulose digestion by rumen microorganisms using the artificial rumen technique. *J. Anim. Sci.* v.10, p. 693– 697, 1951.

BURTON, J.H.; REID, J.T. Interrelationships among energy input, body size, age and body composition of sheep. *J. Nutr.*, v. 97, p. 517-524, 1969.

CABRAL, P. K. A. *Composição corporal e exigências nutricionais em cálcio, fósforo, magnésio, potássio e sódio de cordeiros Santa Inês em pastejo no semiárido.*

Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Centro de Saúde e Tecnologia Rural Campus de Patos, Universidade Federal de Campina Grande - PB. 42p., 2007.

CAIXETA FILHO, L. V. *Pesquisa operacional: técnicas de otimização aplicadas a sistemas agroindustriais*. 212 p., Piracicaba, 2000.

CANNAS, A.; TEDESCHI, L.O.; FOX, D.G; PELL, A.N. et al. A mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological values for sheep. *J. Anim. Sci.* v. 82, p. 149-169, 2004.

CARAFOLI, E. Calcium pump of the plasma membrane. *Physiol. Rev.*, v.71, p. 129–149, 1991.

CARDOSO, R. M. *Minerais para ruminantes*. Imprensa Universitária, Viçosa, 86p, 1992.

CARVALHO, M. A. M. *Estudo da alometria dos ácidos gordos em suínos da raça Bísara: Vila Real, VR*: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 598p., 2009.

CAVALCANTI, L.F.L. *Exigência em proteína para cordeiras deslanadas em crescimento*. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 70p., 2014.

CHALLA, J.; BRAITHWAITE, G.D. Phosphorus and calcium metabolism in growing calves with special emphasis on phosphorus homeostasis. 4. Studies on milk-fed calves given different amounts of dietary phosphorus but a constant intake of calcium. *J. Agr. Sci.*, Cambridge 113, p. 285–289, 1989.

CHALLA, J.; BRAITHWAITE, G.D.; DHANOA, M.S. Phosphorus homeostasis in growing calves. *J. Agr. Sci.*, Cambridge 112, p. 217–226, 1989.

CHICCO, C. F.; AMMERMAN, C. B.; LOGGINS, P. E. Effect of age and dietary magnesium in voluntary feed intake and plasma magnesium in ruminants. *J. Dairy Sci.* v.56, p. 822-824, 1973.

CHIZZOTTI, M.L.; NETO, O. R. M.; LADEIRA, M.M. et al. Modelagem e meta análise em zootecnia: aplicação prática para a bovinocultura de corte brasileira. In: IV SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE E VIII SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 2012, Viçosa. *Anais...* Viçosa, p.197-207, 2012.

CHRISP, J.S., SYKES, A.R.; GRACE, N.D. Faecal endogenous loss of calcium in young sheep. *Br. J. of Nutr.*, v.61, p. 59–65, 1989.

COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION – CSIRO PUBLISHING. *Nutrient requirements of domesticated ruminants*. Collingwood, Austrália, 1991.

COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION – CSIRO PUBLISHING. *Nutrient requirements of domesticated ruminants*. Collingwood, Austrália. 270p, 2007.

CONRAD, J. H.; McDOWELL, L. R.; ELLIS, G. L. et al. *Minerais para ruminantes em pastejo em regiões tropicais*. Campo Grande, MS: EMBRAPA CNPGC, 90p., 1985.

COZZOLINO, Silvia M. Franciscato. *Biodisponibilidade de nutrientes*. Editora Manole, 878p., 2005.

DALLEY, D.E.; ISHERWOOD, P.; SYKES, A.R.; ROBSON, A.B. Effect of in vitro manipulation of pH on magnesium solubility in ruminal and caecal digesta in sheep. *J. Agr. Science*, Cambridge 129, 107–112, 1997.

DENTON, D. A.; SABINE, J. R. The selective appetite for Na⁺ shown by Na⁺ deficient sheep. *J. Physiol.* v.167, p. 97-116, 1961.

DIAS, R.S.; KEBREAB, E.K.; VITTI, D.M.S.S.; PORTILHO, F.P.; et al. Phosphorus kinetics in lambs fed different levels of dicalcium phosphate. *J. Agr. Sci.*, v. 145(5), p. 509-516, 2007.

DULTON, J. E.; FONTENOT, J. P. Effect of dietary organic phosphorus on magnesium metabolism in sheep. *J. Anim. Sci.*, v. 26, p.1409-14, 1967

EBEL, H.; GUNTHER, T. Magnesium metabolism: a review. *J. Clin. Chem. Clin. Biochem.*, v.18, p. 257–270, 1980.

EMANUELE, S. M.; STAPLES, C. R. Ruminal release of minerals from six forage species. *J. Anim. Sci.*, v.6, p. 2052– 2060, 1990.

ENSMINGER, M.E. et al. *Feeds and nutrition*. 2.ed. Clovis: Califórnia, 1544p., 1990.

FERREIRA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C.; MUNIZ, E. B. et al. Composição corporal e exigências líquidas de macrominerais de bovinos F1 Simental x Nelore. *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 361-367, 1998.

FIALHO, F.B. Sistemas de apoio à decisão na produção de suínos e aves. Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 36., 1999, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: SBZ, p. 307-317, 1999.

FONTOURA JÚNIOR, J.A.S.; MENEZES, L.M.; CORRÊA, M.N.; DIONELLO, N.J.L. Utilização de modelos de simulação em sistemas de produção de bovinos de corte. *Vet. Zootec.* v.14, n.1, p. 19-30, 2007.

FREDEEN, A.H. Effects of calcium loss and high dietary calcium and potassium on calcium kinetics and magnesium balance in sheep fed low magnesium diets. *Can. J. Anim. Sci.* v. 70, p. 1109-1117, 1990.

GERASEEV, L. C.; PEREZ, J. R. O.; PRADO, O. V.; RESENDE, K. T.; SILVA FILHO, J. C.; BONAGURIO, S. Composição corporal e exigências nutricionais em cálcio e fósforo para o ganho e manutenção de cordeiros Santa Inês dos 15 kg aos 25 kg de peso vivo. *Rev. Bras. Zootec.*, São Paulo, v.29, n.1, p. 261-268, 2000.

GERASEEV, L. C.; PEREZ, J. R. O.; SANTOS, C. L.; PRADO, O. V.; RESENDE, K. T. Composição corporal e exigências nutricionais em magnésio, sódio e potássio de cordeiros Santa Inês. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v. 36, n. 4, p. 681-688, abr. 2001.

GONZAGA NETO, S.; SILVA SOBRINHO, A.G.; RESENDE, K.T et al. Composição corporal e exigências nutricionais de proteína e energia para cordeiros Morada Nova. *Rev. Bras. Zootec.*, v.34, p.1- 11, 2005.

GOULARTE, S. R. *Exigências nutricionais de macro e micro minerais em fêmeas ovinas mestiças lanadas confinadas*. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 82p., 2014.

GRACE, N. D. Amounts and distribution of mineral elements associated with fleec-free empty body weight gains in the grazing sheep. *New Zeal J. Agr. Res.*, 26. p. 59–70, 1983.

GREENE, L. W.; FONTENOT, J. P.; WEBB, K. E. JR. Site of magnesium and other macro-mineral absorption in steers fed high levels of potassium. *J. Anim. Sci.*, 57, p. 503–513, 1983.

GUEDES, L.F. *Composição corporal de minerais em ovelhas gestantes da raça Santa Inês*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 105p., 2012.

HAMMOND, J. *Carne: Producción y tecnología: conferencias, observaciones, mesas redondas*, s. l., CAFADE. 160 p., 1960.

HAMMOND, J. *Principios de la explotación animal: reproducción, crecimiento y herencia*. Zaragoza: Acríbia, 363 p., 1966.

HARPER, M.-E., WILLIS, J.S.; PATRICK, J. *Sodium and chloride in nutrition*. O'Dell, B.L.; Sunde, R.A. (eds) *Handbook of Nutritionally Essential Mineral Elements*. Marcel Dekker Inc., New York, p. 93–116, 1997.

HASSAN, A.; HAMOUDA, I. A. Growth and Biochemical Changes in Mammary Glands of Ewes from 1 to 18 Months of Age. *J. Dairy Sci.* v.68, p. 1647-1651, 1985.

HEMKEN, R. W. *Potassium in ruminant nutrition*. Page 1 in Sodium and potassium in ruminant nutrition. West Des Moines: National Feed Ingredients Association, IA, 1983.

HUMPHERY, T.J.; COGHLAN, J.P.; DENTON, D.A. et al. Effect of potassium, angiotensin II on blood aldosterone and cortisol in sheep on different dietary potassium and sodium intakes. *Clin. Exp. Pharmacol. Physiol.*, v.11, p. 97–100, 1984.

HURWITZ, S. Homeostatic control of plasma calcium concentration. Critical Reviews in *Biochem. Mol. Biol.*, v.31, p. 41–100, 1996.

HUXLEY, J.S.; TEISSIER, G. Terminology of relative growth. *Nature*, v.137, p. 780-781, 1936.

INRA - Institut National de la Recherche Agronomique. Alimentación de los ruminants. Jarrige, R. Ed. Madrid, Mundi-Prensa. 697 p. 1981.

KAUFMAN, C. E.; PAPPER, S. *Hyperkalemia*. Potassium: It's Biologic Significance, R. Whang, ed. Boca Raton, FL: CRC Press, p. 77–95, 1983.

KEM, D.C.; TRACHEWSKY, D. *Potassium metabolism*. Whang, R. (ed.) Potassium: Its Biological Significance. CRC Press, Boca Raton, Florida, p. 25–35, 1983.

KROOK, L.; LUTWAK, L.; MCENTEE, K. Cálcio dietético, tumores ultimo branquiais e osteoporose no touro. *Am. J. Clin. Nutr.*, v.22, p. 115-118, 1969.

LARSON, B. L. (Org.). *Lactation*. 1st ed. Ames: Iowa State University Press, 1985.

LEW, B.J. Desenvolvimento mamário em novilhas leiteiras: aspectos fisiológicos e bioquímicos envolvidos no processo. *Rev. Bras. Reprod. Anim.*, Belo Horizonte, v.30, n.1/2, p.36-41, 2007.

LOUVANDINI, H.; VITTI, M.S.S.V. Perda endógena de fósforo em ovinos com diferentes níveis do elemento na dieta. *Pesq. agropec. bras.* v. 29(1), p. 145-149, 1994.

MACEDO JUNIOR, G. L. *Exigências nutricionais de ovelhas gestantes da raça Santa Inês*. Tese (Doutorado em Zootecnia). Escola de Veterinária - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 291p., 2008.

MARTENS, H.; BLUME, I. Effect of intraruminal sodium and potassium concentrations and of the transmural potential difference on magnesium absorption from the temporarily isolated rumen of sheep. *Q. J. Exp. Physiol.*, v. 71, p. 409–415, 1986.

MARTENS, H.; BLUME, I. Studies on the absorption of sodium and chloride from the rumen of sheep. *Comp. Biochem. Phys. A – Com Physiol*, v. 86, p. 653–656, 1987.

MAYNARD, L.A.; LOOSLI, J.K.; HINTZ, H.F.; WARNER, R.G. *Nutrição Animal*. 3^a ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1984.

MAYRAT, A. *Allometrie et taxinomie*. Revue de Statistique Appliquée, v. 18, n. 4, p. 47-58, 1970.

MCDONALD, P.M.; EDWARDS, R.A.; GREENHALGH, J.F.D. *Animal Nutrition*. Harlow, U.K: Pearson, 693 p., 2002.

MENDES, R.S.; SILVA, A.M.A.; SILVA, G.L.S. et al. Exigência líquida de zinco, cobre e ferro, para cordeiros em pastejo no semiárido. *Acta Sci. Anim. Sci.*, v. 32, n. 3, p. 279-284, 2010.

MILLER, E.R. *Potassium bioavailability*. In: Ammerman, C.B., Baker, D.H. and Lewis, A.J. (eds) *Bioavailability of Nutrients for Animals*. Academic Press, New York, p. 295–302, 1995.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. *Mineral Tolerance of Domestic Animals*. Washington, D.C.: National Academy Press, 1980.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. *Nutrient requirements of Sheep* (6th Ed). National Academic of Sciences, Washington, 1985.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. *Nutrient requeriments of dairy cattle*. 7.rev.ed. Washinton, D.C.: 381p, 2001.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. *Mineral tolerance of animals*. 2.rev.ed. Washinton, D.C.: 496p, 2005.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. *Nutrient requirements of small ruminants*. Washington, D. C.: National Academy Press. 362 p. 2007.

NEWTON, G. L.; FONTENOT, J.P.; TUCKER, R. E.; POLAN, C. E. Effects of high dietary potassium intake on the metabolism magnesium by sheep. *J. Anim. Sci.*, v. 35, p. 440-45, 1972.

NORMAN, A.W.; HURWITZ, S. The role of vitamin D endocrine system in avian bone biology. *J. Nutr.*, v. 123, p.310–316, 1993.

NOUR, A. Y. M.; THONNEY, M. L. Carcass, soft tissue and bone composition of early and late maturing steers fed two diets in two housing types and serially slaughtered a

wide weight range. *J. Agr. Sci.*, Cambridge, Grã- Bretanha, v.109, n.3, p. 345-355, 1987.

ODDY, V. H.; ANNISON, E. F. Possible mechanisms by which physiological state influences the rate of wool growth. *Physiological and Environmental Limitation to Wool Growth. University of New England Publishing Unit, Armidale*, p. 295-310, 1979.

OMDAHL, J.L.; DELUCA, H.F. Regulation of vitamin D metabolism and functions. *Physiol. Rev.*, v. 53, p. 327-372, 1973.

OOSTERHUIS, C.W.K. *Electrolyte, plasma pepsinogen and total CO2 changes in lambs with a natural, mixed abomasal and intestinal nematode infection*. Edinburgh, 1990, 59 p. Thesis (Tropical animal production and health) - University of Edinburgh, 59p, 1991.

PATIÑO, P. R.; SILVA FILHO, J.; PEREZ, P. J. Exigências e Modelação da Cinética Metabólica de Cálcio y Fósforo em Ovinos: revisão. *Rev. Colombiana Ciênc. Anim.*, v. 4, n.1, p. 204-232, 2012.

PEIRCE, A. W. Studies on salt tolerance of sheep I. The tolerance of sheep for sodium chloride in the drinking water. *Aust. J. Agr. Res.*, v. 8, p.711-722, 1957.

PÉREZ, J.R.O.; GERASEEV, L.C.; SANTOS, C.L. et al. Composição corporal e exigências nutricionais de cálcio e fósforo de cordeiros Santa Inês em crescimento. *Pesq. agropec. bras.*, v.36, n.5, p. 815-822, 2001.

PIRES, C.C.; SILVA, L.F.; SANCHEZ, L.M.B. Composição corporal e exigências nutricionais de energia e proteína para cordeiros em crescimento. *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v.29, n.3, p. 853-860, 2000.

POND, W. G.; CHURCH, D. C.; POND, K. R. *Basic animal nutrition and feeding*. 4. Ed. John Wiley & Sons, 615 p., 1995.

PRADHAN, K.; HEMKEN, R.W. Potassium depletion in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v. 51, p. 1377–1381, 1969.

PRESCOTT, J.H.D. *Crecimiento y desarrollo de los corderos*. In: HAPEZ, E.S.E. (Ed.) *Crecimiento e desarrollo de los corderos*. Zaragoza: Acribia. p. 35-369, 1982.

QUESADA, M.; MCMANUS, C.; COUTO, F. A. D. Tolerância ao calor de duas raças de ovinos deslanados no Distrito Federal. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 30, n. 3, p. 1021-1026, 2001.

ROTHERBERG, J. *The nature of modelling*. In WIDMAN, L. E.; LOPARO, K. A.; NIELSEN, N. R. *Artificial intelligence, simulation and modeling*. New York: John-Wiley, cap. 3, p. 75-92, 1989.

SANTOS, C.L. *Estudo do desempenho, das características da carcaça e do crescimento alométrico de cordeiros das raças Santa Inês e Bergamácia*. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1999. 142p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, 1999.

SANTOS, C.L. PÉREZ, J.R.O., MUNIZ, J.A. et al. Desenvolvimento relativo dos tecidos ósseo, muscular e adiposo dos cortes da carcaça de cordeiros Santa Inês. *Rev. Bras. Zootec.*, v.30, p.487- 492, 2001.

SANTOS-CRUZ, C.L.; PÉREZ, J.R.O.; MUNIZ, J.A. et al. Desenvolvimento dos componentes do peso vivo de cordeiros Santa Inês e Bergamácia abatidos em diferentes pesos. *Rev. Bras. de Zootec.*, v.38, n.5, p. 923-932, 2009.

SAUVANT, D. Systematic modelling in nutrition. *Reprod. Nutr. Dev.*, v.32, p. 217-30, 1992.

SCHMIDT, G. H. *Biology of lactation*. San Francisco: W. H. Freeman. (A Series of books in animal science), 1971.

SCHNEIDER, K.M.; TERNOUTH, J.H.; SEVILLA, C.C.; BOSTON, R.C.A. Short-term study of calcium and phosphorus absorption in sheep fed on diets high and low in calcium and phosphorus. *Aust. J. Agr. Res.*, v. 36, p. 91–105, 1985.

SELAIVE-VILLARROEL, A.B.; OSÓRIO, J.C.S. *Produção de Ovinos no Brasil*. 1 ed. – São Paulo: Roca, 656p, 2014.

SIGNORETTI, R. D.; SILVA, J. F. C.; VALADARES FILHO, S. C. Composição corporal e exigências líquidas e dietéticas de macromelementos inorgânicos (Ca, P, Mg, K e Na) de bezerros da raça Holandesa alimentados com dietas contendo diferentes níveis de volumosos. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 28, n. 1, p. 205-213, 1999.

SILVA, V.L. *Composição corporal e exigências nutricionais de energia de cordeiras Santa Inês durante o crescimento: uso das técnicas do abate comparativo e respirometria*. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 204p., 2014.

STEWART, P. A. *How to understand acid-base: A quantitative acid base primer for biology and medicine*. New York: Elsevier North Holland, Inc., 1981.

SUGIURA, N. Further analysts of the data by akaike's information criterion and the finite corrections: Further analysts of the data by akaike's. *Commun. Stat-theor. M.*, v.7, n.1, p. 13-26, 1978.

SUTTLE, N. F. *Mineral Nutrition of Livestock*, 4º. ed. Cambridge: CABI international, v. I, 2010.

TEDESCHI, L.O. Assessment of the adequacy of mathematical models. *Agr. Syst.* v.89, p. 225–247, 2006.

THOMPSON, D. J.; WERNER, J. C. Cálcio, fósforo e flúor na alimentação animal. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE PESQUISA EM NUTRIÇÃO MINERAL DE RUMINANTES EM PASTAGENS, 1976. Belo Horizonte. *Anais...*Belo Horizonte, 367p. 1976.

THORNLEY, J.H.M. Modeling grassland ecosystems. GRASSLAND CONGRESS, 19, Piracicaba. *Anais...* p.1029-1036, 2001.

TOMAS, F.M.; MOIR, R.J.; SOMERS, M. Phosphorus turnover in sheep. *Aust. J. Agr. Res.*, v.18, p. 635–645, 1973.

TRINDADE, I. A. C. M. *Composição corporal e exigências nutricionais em macro minerais de ovinos lanados e deslanados, em crescimento*, 2000. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 66p. 2000.

UNDERWOOD, E. J.; SUTTLE, F. *The Mineral Nutrition of Livestock*, 3rd ed. CAB International, Wallingford, UK., 1999.

VALADARES FILHO, S. C.; MARCONDES, M. I.; CHIZZOTT, M. L. et al. *Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados*. BR-CORTE 2ed., Viçosa: UFV, 193 p., 2010.

VALK, H., SEBEK, L.B.J. and BEYNEN, A.C. Influence of phosphorus intake on excretion and blood plasma in dairy cows. *J. Dairy Sci.* v. 85, p. 2642–2649, 2002.

VÉRAS, A.S.C.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C. et al. Predição da Composição Química Corporal de Bovinos Nelore e F1 Simental x Nelore a partir da Composição Química da Seção Hankins e Howe (Seção HH). *Rev. Bras. Zootec.*, v.30, n.3, p.1112-1119, 2001 (Suplemento 1).

VITTI, D.M.S.S.; KEBREAD, E.; ABDALLA, A.L. et al. A kinetic models of phosphorus metabolism in growing goats. *J. Anim. Sci.*, v.78, p. 2706-2716, 2000.

VITTI, D.M.S.S.; ROQUE, A.P.; DIAS, R.S. et al. Metabolismo de cálcio em ovinos em crescimento sob suplementação com diferentes fontes de cálcio: aplicação e comparação de dois modelos matemáticos. *R. Bras. Zootec.*, v.35, n.6, p. 2487-2495, 2006.

VONESH, E.F. *Generalized linear and nonlinear models for correlated data: theory and applications using SAS®*. SAS Institute Inc., Cary. 2012.

WILSON, W.D. and FIELD, A.C. Absorption and secretion of calcium and phosphorus in the alimentary tract of lambs infected with daily doses of *Trichostrongylus colubriformis* or *Ostertagia circumcincta*. *J. Comp. Pathol.*, v. 93, p. 61–71, 1983.

YANO, F., YANO, H. and BREVES, G. Calcium and phosphorus metabolism in ruminants. In: PROCEEDINGS OF THE SEVENTH INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF RUMINANT PHYSIOLOGY. Academic Press, New York, p. 277–295, 1991.

7 ANEXO



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
COMITÊ DE ÉTICA EM EXPERIMENTAÇÃO ANIMAL
- C E T E A -

CERTIFICADO

Certificamos que o **Protocolo nº 197/2010**, relativo ao projeto intitulado "**Composição corporal e exigências nutricionais de fêmeas Santa Inês do desmame à puberdade**", que tem como responsável(is) **Iran Borges**, está(ão) de acordo com os Princípios Éticos da Experimentação Animal, adotados pelo **Comitê de Ética em Experimentação Animal (CETEA/UFMG)**, tendo sido aprovado na reunião de **1/ 12/2010**.


Este certificado expira-se em **1/ 12/ 2015**.

CERTIFICATE

We hereby certify that the **Protocol nº 197/2010**, related to the project entitled "**Body composition na nutrient requirements of Santa Ines ewes from weaning to puberty**", under the supervisors of **Iran Borges**, is in agreement with the Ethical Principles in Animal Experimentation, adopted by the **Ethics Committee in Animal Experimentation (CETEA/UFMG)**, and was approved in **December 1, 2010**.

This certificate expires in **December 1, 2015**.

Belo Horizonte, 3 de Dezembro de 2010.


Prof.ª. Jacqueline Isaura Alvarez-Leite
Coordenadora do CETEA/UFMG

Universidade Federal de Minas Gerais
Avenida Antônio Carlos, 6627 – Campus Pampulha
Unidade Administrativa II – 2º Andar, Sala 2005
31270-901 - Belo Horizonte, MG - Brasil
Telefone: (31) 3499-4516
www.ufmg.br/bioetica/cetea - cetea@prpq.ufmg.br

