



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA

DAYANNE LIMA DE SOUSA

EXIGÊNCIAS DE MINERAIS PARA OVINOS DESLANADOS EM CRESCIMENTO
PÓS-DESMAMA

FORTALEZA

2019

DAYANNE LIMA DE SOUSA

EXIGÊNCIAS DE MINERAIS PARA OVINOS DESLANADOS EM CRESCIMENTO
PÓS-DESMAMA

Tese apresentada ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Zootecnia. Área de concentração: Produção Animal.

Orientadora: Prof^a. Dra. Elzania Sales Pereira.
Coorientador: Prof. Dr. Marcos Inácio Marcondes.

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S696e Sousa, Dayanne Lima de.
Exigências de minerais para ovinos deslanados em crescimento pós-desmama / Dayanne Lima de Sousa. – 2019.
58 f.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Fortaleza, 2019.

Orientação: Profa. Dra. Elazania Sales Pereira.

Coorientação: Prof. Dr. Marcos Inácio Marcondes.

1. Nutrição animal. 2. Macrominerais. 3. Classe sexual. 4. Condições tropicais. I. Título.

CDD 636.08

DAYANNE LIMA DE SOUSA

EXIGÊNCIAS DE MINERAIS PARA OVINOS DESLANADOS EM CRESCIMENTO
PÓS-DESMAMA

Tese apresentada ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Zootecnia. Área de concentração: Produção Animal.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Dra. Elzania Sales Pereira (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Davide Rondina
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

Prof^ª. Dra. Patrícia Guimarães Pimentel
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Magno José Duarte Cândido
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^ª. Dra. Maria Socorro de Souza Carneiro
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais.

Aos meus avós (*In Memoriam*)

AGRADECIMENTOS

À UFC, pela oportunidade de fazer a pós graduação.

A Prof^ª. Dra. Elzania Sales Pereira, pela orientação.

Aos professores participantes da banca examinadora, pelas colaborações e sugestões.

As professoras Ana Cláudia Nascimento Campos e Carla Renata Figueiredo Gadelha e ao professor Marcos Inácio Marcondes, por todos os ensinamentos e por serem os exemplos de profissionais que quero me tornar.

Ao professor Luciano Pinheiro da Silva por toda paciência e compreensão e análise dos dados.

A minha mãe, Lidia Prudêncio de Lima, pela criação e amor a mim concedidos, pelos ensinamentos, conduta e apoio inestimável.

Ao meu pai, Francisco Hernandes Araújo de Sousa (*In Memoriam*), por acreditar que onde quer que esteja, espero estar proporcionando um orgulho que nenhum outro filho foi capaz de proporcionar.

Aos meus irmãos, Reginaldo, Lidiane, Hernandes Filho, Grasielle, Roniele, Daniele, Rafael e Erlândio por acreditarem no meu potencial.

Ao meu esposo Guilherme Dias Gomide por toda paciência, amor e espera.

Aos meus amigos e amigas mais que especiais por todas as brincadeiras, força e enorme apoio.

A família Lera por ser meu refúgio nos momentos mais difíceis.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 1496977

RESUMO

Com o objetivo de estimar as exigências de minerais para ovinos deslanados das raças Santa Inês e Morada Nova dois estudos foram conduzidos. No estudo 1, foram utilizados 38 ovinos machos da raça Santa Inês com peso corporal médio inicial de $13,00 \pm 1,49$ kg e, aproximadamente dois meses de idade. No estudo 2 foram utilizados 32 ovinos machos da raça Morada Nova com peso corporal médio inicial de $14,5 \pm 0,89$ kg e aproximadamente quatro meses de idade. Em ambos os estudos os animais foram distribuídos aleatoriamente em três níveis alimentares (*ad libitum*, 30 e 60% de restrição) e duas classes sexuais (castrados e não castrados) compondo um esquema fatorial 3x2. No início de cada experimento foram abatidos quatro animais de cada classe sexual que constituíram o grupo referência para a estimativa do peso de corpo vazio inicial. As exigências líquidas para manutenção foram calculadas pela regressão do mineral retido em função do mineral consumido. A composição corporal de cada mineral foi estimada em função do peso de corpo vazio (PCVZ), sendo que nos animais da raça Santa Inês o PCVZ variou de 7,35 a 22,05 kg e na Morada Nova o PCVZ variou 7,73 a 23,19 kg. No estudo 1, não foram observados efeito ($P > 0,05$) de classe sexual sobre os parâmetros das equações para estimar as exigências líquidas de manutenção e coeficiente de retenção para o estudo com a raça Santa Inês. As equações para estimativa da composição corporal e das exigências líquidas de minerais para ganho não diferiram ($P > 0,05$) entre as classes sexuais, exceto para Mg e Mn. Sendo que as equações obtidas para exigências líquidas de ganho de Mg e Mn para animais não castrados foram $GPCVZ * (0,43 * PCVZ^{0,16})$ e $GPCVZ * (0,72 * PCVZ^{0,21})$ respectivamente, enquanto que para animais castrados foram $GPCVZ * (0,46 * PCVZ^{0,27})$ e $GPCVZ * (0,79 * PCVZ^{0,32})$, respectivamente. No estudo 2 com animais da raça Morada Nova, houve diferença significativa ($P < 0,05$) para exigência líquida de manutenção e coeficiente de retenção. Os animais castrados apresentaram maior exigência líquida de manutenção para P (0,15 vs. 0,10 g/kg PC/dia) e Cu (0,26 vs. 0,17 mg/kg PC/dia) e menor coeficiente de retenção para Ca (0,58 vs. 0,75), Na (0,07 vs. 0,09) e K (0,04 vs. 0,05) em relação aos animais não castrados. A classe sexual não influenciou as equações para estimativa da composição corporal e exigência de minerais para ganho. As exigências de minerais para ovinos deslanados diferem das recomendações internacionais. Os dados desse estudo estabelecem a formulação de dietas com adequado fornecimento de minerais para ovinos deslanados.

Palavras-chave: Classe sexual. Condições tropicais. Macrominerais. Nutrição animal.

ABSTRACT

In order to estimate the mineral requirements for hair sheep Santa Ines and Morada Nova, two studies were conducted. In study 1, 38 sheep male Santa Ines with initial average body weight of 13.00 ± 1.49 kg and approximately two months of age were used. In study 2, 32 sheep male Morada Nova with initial average body weight of 14.5 ± 0.89 kg and approximately four months of age were used. In both studies the animals were randomly distributed in three dietary levels (ad libitum, 30 and 60% restriction) and two sex classes (castrated and non-castrated) composing a 3x2 factorial design. At the beginning of each experiment, four animals of each sex classes were slaughtered and constituted the reference group for the estimation of initial empty body weight. The net maintenance requirements were calculated by the regression of the retained mineral as a function of the mineral intake. The body composition of each mineral was estimated as a function of empty body weight (EBW), and in Santa Ines breed the EBW ranged from 7.35 to 22.05 kg and in Morada Nova the EBW ranged from 7.73 to 23.19 kg. As results for study 1, no effect ($P > 0.05$) of sex classes on the parameters of the equations to estimate net maintenance requirements and retention coefficient was observed for the study with Santa Ines breed. Equations for estimating body composition and net mineral gain requirements did not differ ($P > 0.05$) between sex classes, except for Mg and Mn. The equations obtained for net gain requirements of Mg and Mn for non-castrated animals were $EBWG*(0.43*EBW^{0.16})$ and $EBWG*(0.72*EBW^{0.21})$ respectively, while which for castrated animals were $EBWG*(0.46*EBW^{0.27})$ and $EBWG*(0.79*EBW^{0.32})$, respectively. In study 2 with Morada Nova breed animals, there was significant difference ($P < 0.05$) for net maintenance requirement and retention coefficient. The castrated animals presented higher net maintenance requirement for P (0.15 vs. 0.10 g/kg BW/day) and Cu (0.26 vs. 0.17 mg/kg BW/day) and lower retention coefficient for Ca (0.58 vs. 0.75), Na (0.07 vs. 0.09) and K (0.04 vs. 0.05) for non-castrated animals. Sex classes did not influence the equations for body composition estimation and mineral requirement for gain. Mineral requirements for hair sheep differ from international recommendations. The data from this study establish the formulation of diets with adequate supply of minerals for hair sheep.

Keywords: Animal nutrition. Macrominerals. Sex classes. Tropical conditions.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	REVISÃO DA LITERATURA	10
3	CAPÍTULO 1 – EXIGÊNCIAS DE MINERAIS PARA OVINOS SANTA INÊS	19
3.1	Introdução	21
3.2	Material e métodos	22
3.3	Abate e Amostragens	23
3.4	Análises dos Minerais	24
3.5	Resultados e Discussão	26
3.6	Conclusão	34
4	CAPÍTULO II – EXIGÊNCIAS DIETÉTICAS DE MINERAIS PARA OVINOS MORADA NOVA	35
4.1	Introdução	36
4.2	Material e métodos	37
4.3	Animais e Tratamentos	38
4.4	Abate e Amostragens	39
4.5	Análises de Minerais	40
4.6	Resultados e Discussão	41
4.7	Conclusão	49
5	CONCLUSÃO	50
	REFERÊNCIAS	51

1 INTRODUÇÃO

A produção de ovinos deslanados, ainda que importante para as regiões semiáridas, possui as principais diretrizes alimentares para determinação das exigências nutricionais, baseadas nos comitês internacionais. Essas diretrizes podem ser diferentes das adotadas para ovinos lanados, criados em condições temperadas (OLIVEIRA *et al.*, 2017). Logo, faz-se necessário o estabelecimento de avanços nas formulações nutricionais para esses animais em ambientes tropicais, visto que as exigências nutricionais podem ser influenciadas por raça, sexo, idade, composição corporal, alimentos disponíveis e as condições ambientais em que os animais são explorados (RESENDE *et al.*, 2008; NRC, 2007).

Diversos estudos (OLIVEIRA *et al.*, 2017; PEREIRA *et al.*, 2016; PEREIRA *et al.*, 2014; RODRIGUES *et al.*, 2016; PIRES *et al.*, 2000; SILVA *et al.*, 2003; GALVANI *et al.*, 2009; COSTA *et al.*, 2013; OLIVEIRA *et al.*, 2014) conduzidos, sobre exigências de proteína e energia, com ovinos deslanados em clima tropical, comprovaram quão inadequadas são as recomendações nutricionais preconizadas pelos comitês internacionais para os ovinos deslanados. Nesse sentido, esses estudos priorizaram requerimentos de proteína e energia, diante da relevância nutricional e econômica para formulação da ração. No entanto, os estudos sobre os requisitos de minerais para ovinos deslanados criados em condições tropicais são escassos ou incipientes, requerendo mais pesquisas nessa área.

Os minerais são elementos inorgânicos vitais que, ao contrário de alguns nutrientes, não podem ser sintetizados pelo organismo animal, devendo ser fornecidos de forma balanceada na alimentação diária (BEEDE, 1991). Constituem de 2 a 5% do peso corporal e desempenham funções essenciais na estrutura dos tecidos do corpo, na manutenção do equilíbrio ácido-base, em várias reações químicas e na atividade de enzimas, hormônios e vitaminas (UNDERWOOD e SUTTLE, 1999; BERCHIELLI, 2006). Embora essenciais e incorporados em quantidades mínimas na formulação de rações para ruminantes, suas exigências são frequentemente negligenciadas (TEIXEIRA *et al.*, 2013).

Assim, os estudos aqui empreendidos foram conduzidos para estimar as exigências dietéticas de minerais de cordeiros pós-desmame não castrados e castrados das raças Santa Inês e Morada Nova.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A determinação das exigências de minerais de ovinos deslanados criados em condições tropicais pressupõe o entendimento da fisiologia do crescimento animal, a elucidação da composição química corporal, a determinação da deposição de tecidos e os nutrientes que são retidos no corpo do animal. A avaliação da quantidade de água, proteína, minerais e gordura no corpo do animal representa a composição química corporal, associada aos parâmetros de peso corporal, peso de corpo vazio e ganho de peso, constitui a base indispensável para estimativa dos requerimentos nutricionais (RESENDE *et al.*, 2005).

A composição corporal dos animais difere de acordo com o seu crescimento, assim, as concentrações de água, proteína, minerais e gordura variam com a idade, genética, sexo, fatores ambientais e nutricionais (IRSHAD *et al.*, 2013). A deposição de tecidos se modifica à medida que o animal atinge a maturidade, uma vez que a partir dessa fase ocorre redução do crescimento muscular pela estabilização da deposição de proteínas e do tecido ósseo, ocorrendo aumento na proporção de gordura e redução na proporção de água e minerais no corpo (ARC, 1980; NRC, 1985).

A composição corporal pode ser determinada pelos métodos direto e indireto. O método direto consiste na análise química e a dissecação de todos os tecidos, e apresenta resultados mais acurados, no entanto, é mais trabalhoso e de maior custo, pois exige o abate de todos os animais, assim exclui a possibilidade de utilizar os animais em outros estudos (RESENDE, 2006). Já os métodos indiretos consistem em estimar a composição corporal no animal vivo ou em parte da carcaça.

Além do conhecimento da composição corporal, a avaliação da metodologia adotada pelos comitês internacionais é de fundamental importância para a determinação das exigências de minerais. Os principais comitês de exigências nutricionais estabelecem os requerimentos de minerais por meio da relação entre a quantidade consumida e a resposta de desempenho do animal. Assim, a avaliação da quantidade do mineral obtido nas fezes modulou, inicialmente, como principal componente para determinação das exigências de minerais para manutenção. A exigência líquida para manutenção é computada como a quantidade do nutriente necessária para manter o metabolismo basal, ou seja, os processos fisiológicos normais, tais como: atividades de respiração, circulação, homeotermia e funcionamento dos órgãos e sistemas enzimáticos (VALADARES FILHO *et al.*, 2010).

O ARC (1980) fracionou as exigências conforme o método fatorial e estimou os requerimentos de cálcio e fósforo, avaliando as perdas endógenas fecais com base em um total

de 59 observações de trabalhos com radioisótopos e com doses respostas. O CSIRO (2007) estimou as exigências de minerais por meio do monitoramento da concentração do mineral na ração, ponderando as perdas endógenas fecais e identificando valores críticos que estabeleçam deficiência subclínica crônica. O NRC (2007) desenvolveu suas equações de exigências usando os dados dos outros comitês (ARC, 1980; NRC, 1985; AFRC 1991).

O requerimento dos minerais pelos animais varia em função do grupo genético, idade, sexo, estágio fisiológico, disponibilidade e forma química do mineral e interações sinérgicas e antagônicas entre os minerais. Assim, o estudo sobre a nutrição mineral pressupõe o entendimento dos mecanismos de ação do mineral e as interações entre os minerais e os demais nutrientes da dieta. Os elementos minerais considerados essenciais e vitais ao funcionamento do organismo do animal são quatorze e devem estar inseridos na dieta (NRC, 2007). Esses elementos são classificados de acordo com a quantidade exigida pelos animais como macrominerais ou microminerais. Os macrominerais requeridos em maior quantidade, incluem o cálcio (Ca), o fósforo (P), o magnésio (Mg), o sódio (Na), o cloro (Cl), o potássio (K) e o enxofre (S). Os microminerais requeridos em menor quantidade incluem o zinco (Zn), manganês (Mn), ferro (Fe), cobre (Cu), cobalto (Co), iodo (I) e selênio (Se).

O cálcio é o principal mineral no corpo, participando na composição dos ossos e dentes, nas reações intracelulares, na contração muscular e ativação celular nervosa, além de agir na ativação de enzimas (NRC, 2007). As forragens, principalmente as leguminosas, apresentam concentrações de cálcio mais elevadas que os grãos, no entanto, fontes inorgânicas, como o fosfato bicálcico e o calcário calcítico, são as mais utilizadas para o suprimento de cálcio na ração (SUTTLE, 2010). A absorção desse mineral ocorre em menor quantidade no rúmen, grande parte no intestino delgado, e pode acontecer por meio de dois mecanismos de transporte, sendo eles transporte ativo ou difusão, os quais são ativados em função da concentração do mineral (BRAITHWAITE, 1976). A homeostase do cálcio no organismo é regulada pelo sistema endócrino, pela ação da glândula paratireoide e facilitado pela vitamina D, que controla a absorção e excreção em casos de desequilíbrios no metabolismo, por isso, a importância de definir as exigências desse mineral. O cálcio é excretado principalmente pelas fezes, porém, se estiver em excesso na dieta ou aliado a baixos níveis de fósforo circulante, ocorre excreção urinária (GIONBELLI *et al.*, 2010). A deficiência de cálcio pode ocorrer em todas as fases de vida do animal e os sintomas envolvem inibição do crescimento, perda de peso, fraturas e má formação óssea. Nesse sentido, cálcio e fósforo são elementos minerais que, combinados na forma de hidroxiapatita, compõem o tecido ósseo, devendo ser ofertados na dieta em proporções ideais; 2:1 é a mais

utilizada para o crescimento e a formação do esqueleto (McDOWELL, 2003).

Sabe-se também que o fósforo atua interligado ao cálcio na formação do tecido ósseo, no metabolismo de carboidratos e lipídios, na composição de fosfoproteínas, ácidos nucleicos e fosfolipídios, e é essencial para os microrganismos ruminais e para a síntese de proteína microbiana (McDONALD *et al.*, 2010; CASTELO BRANCO, 2015). Vale ressaltar, porém, que o fósforo apresenta grande potencial de contaminação do ambiente, se ofertado em excesso nas dietas (NRC, 2007).

A homeostase no organismo dos ruminantes é regulada pela reciclagem do fósforo via saliva e a excreção ocorre pelas fezes. A deficiência de fósforo apresenta sintomas semelhantes à deficiência de cálcio. No entanto, também está associada à baixa fertilidade em função da aparente disfunção dos ovários, ocasionando irregularidade do estro (SUTTLE, 2010). Dias *et al.* (2011), trabalhando com ovinos em crescimento, observaram que a concentração de fósforo no plasma aumentou quando o fósforo estava em excesso na dieta, provocando redução na retenção corporal e aumento na excreção, o que representa um dano potencial ao ambiente. O excesso de fósforo, associado à dietas ricas em magnésio, predispõe nos animais a formação de cálculos urinários fosfáticos (HAY e SUTTLE, 1986). Portanto, as exigências de fósforo devem ser adequadas para maximizar o desempenho animal ideal e reduzir os impactos ambientais.

O magnésio é encontrado no tecido ósseo, cerca de 70%, estreitamente associado ao cálcio e ao fósforo, nos fluídos extracelulares, e requerido nas reações metabólicas (NRC 2007). As principais funções do magnésio são: atuar como ativador enzimático em sistemas com pirofosfato de tiamina, ativar o metabolismo eficiente de carboidratos e lipídios, e moderar a atividade neuromuscular (McDONALD *et al.*, 2010). O equilíbrio na concentração de magnésio no organismo é influenciado pela relação Na:K e, embora inter-relacionado com cálcio e fósforo no tecido ósseo e no metabolismo animal, o aumento nos níveis dietéticos desses minerais reduzem a absorção de magnésio (GOULARTE, 2014; GUEDES, 2012). O rúmen é o principal local de absorção do magnésio, e as fezes é o principal meio de excreção (McDOWELL, 1992). A tetania das pastagens é uma das principais doenças associadas à deficiência de magnésio e é caracterizada pelo animal apresentando espasmos musculares e convulsões (McDOWELL, 2003).

O sódio é considerado o principal componente dos fluídos extracelulares e, em conjunto com o potássio, regula a pressão osmótica e o equilíbrio ácido-base (NRC, 2007). Entre outras funções, o sódio participa na manutenção da atividade do músculo cardíaco, no processo de excitação dos nervos e músculos e possui ação tamponante, que auxilia no

transporte dos ácidos graxos através do epitélio ruminal (SPEARS, 1998; VAN SOEST, 1994). Os requerimentos de sódio são atendidos por meio da adição de cloreto de sódio (NaCl) nas rações, que é amplamente encontrado na natureza e atua regulando o consumo de alimentos pelos animais (GOULARTE, 2014). A homeostase do sódio no organismo é regulada pela ação de hormônios, e a absorção ocorre no rúmen, omaso e intestino, podendo acontecer através de três mecanismos de transporte, tendo a urina como principal via de excreção, porém, quantidades menores também podem ser excretadas via fezes e suor (McDOWELL, 2003). O principal sintoma da deficiência de sódio é o apetite ávido por sal, que se manifesta por meio de lambidas em diversos materiais como madeira, solo, ossos entre outros, além do aumento no consumo de água.

O potássio é o principal cátion intracelular que em conjunto com Na, Cl e bicarbonato de cálcio é um importante regulador osmótico dos fluidos corporais e do equilíbrio ácido-base (McDONALD *et al.*, 2010). A concentração de potássio no organismo é controlada pelo hormônio aldosterona, tendo a via urinária como principal meio de excreção (NRC, 2007). Segundo McDowell (1992), as exigências de potássio aumentam quando os animais são submetidos ao estresse pelo calor, em função da sua perda por meio do suor. A suplementação com potássio não é comum em função da elevada concentração do mesmo nos alimentos. Os principais sintomas da deficiência de potássio incluem redução no consumo e, conseqüentemente, no crescimento e paralisia muscular (NRC, 1996).

Os microminerais, assim como macrominerais, representam importantes constituintes do organismo animal e, embora requeridos em menores quantidades, devem ser adicionados de forma balanceada e eficiente nas rações, uma vez que o foco principal dos trabalhos de exigência são os requerimentos de energia e proteína; alguns poucos trabalhos são desenvolvidos com macrominerais. Em se tratando dos requerimentos de microminerais, irrelevante importância é dada, porém não assimilada em virtude das inúmeras funções que esses elementos exercem no metabolismo animal (SILVA, MARTINS e BORGES, 2017).

O cobalto faz parte do centro ativo da molécula de vitamina B₁₂ e sua função está ligada unicamente a participação nessa vitamina (VAN SOEST, 1994). Assim, os ruminantes necessitam do cobalto para síntese de vitamina B₁₂ pelos microrganismos ruminais, pois são dependentes da gliconeogênese a partir do ácido propiônico, no qual a coenzima B₁₂ atua na conversão de metil-malonil-CoA em succinil-CoA no ciclo de *Krebs* (NRC, 2001). Outro papel essencial da vitamina B₁₂ é a formação de esqueletos de carbono e síntese de ácidos nucleicos (BASSLER, 1997).

A homeostase do cobalto no organismo está relacionada à eficiência de utilização

desse mineral pelos microrganismos, que é excretado, principalmente, via de excreção. A deficiência de cobalto na dieta está relacionada à carência de vitamina B₁₂, ocasionando anemia, inapetência, redução na ingestão de alimento e, conseqüentemente, perda de peso, influenciando a produção animal (ABOU-ZEINA *et al.*, 2008). O cobalto está armazenado principalmente no fígado, ossos, glândula adrenal e rins (UNDERWOOD e SUTTLE, 1999).

A doença do fígado branco em ovinos é relacionada à deficiência de cobalto, sendo caracterizada por perda de peso e esteatose hepática (KENNEDY *et al.*, 1994). A deficiência de cobalto também está associada à infertilidade e redução na sobrevivência da cria, em função do aumento da demanda de glicose na fase reprodutiva (FISHER e MACPHERSON, 1991; SUTTLE, 2010). No que diz respeito à toxidez, o cobalto pode ser tóxico quando a ingestão é excessivamente alta, mas sua margem de segurança é grande e a absorção pelo intestino delgado é baixa (ALMEIDA FILHO, 2016), uma vez que seu nível tóxico na alimentação de ruminantes é de 25 mg/kg de MS (NRC, 2007). A suplementação de cobalto para ovinos está relacionada à exigência do mineral pelos microrganismos ruminais e a administração oral por meio de suplementos ou injeções intramusculares de vitamina B₁₂, as quais podem prevenir deficiências (MCDOWELL, 1992).

O cobre é um elemento essencial ao organismo dos animais, pois é composto de várias enzimas-cobre dependentes; ele desempenha um importante papel como biocatalizador do ferro, participa na formação da elastina e do colágeno, além de contribuir para a integridade do sistema nervoso central (MARQUES, 2003). Esse micromineral está presente no sítio ativo de algumas enzimas que catalisam reações orgânicas, sendo componente essencial da citocromo oxidase, que, por meio da fosforilação oxidativa, sintetiza fosfolipídios no fígado para a formação de mielina (HOWELL e DAVIDSON, 1959).

O cobre tem papel essencial na atuação da enzima superóxido dismutase, que participa do metabolismo de ácidos graxos de cadeia longa, reduzindo os níveis séricos de ácidos graxos saturados (ENGLE *et al.*, 2000; SUTTLE, 2010). A ceruloplasmina é uma enzima dependente de cobre que atua na oxidação do Fe para forma férrica, promovendo a incorporação na molécula de hemoglobina (SAENKO *et al.*, 1994). A lisil oxidase é outra enzima que depende do cobre para catalisar a formação de colágeno e elastina, promovendo a reticulação entre as fibras de colágeno, mantendo assim a integridade dos vasos sanguíneos (RUCKER *et al.*, 2000). O cobre age na síntese de queratina, por meio da inclusão de dissulfetos pela ação da enzima tirosinase que é necessária para pigmentação normal do pelo e da pele (SUTTLE, 1987; PROHASKA, 2000).

Os ruminantes, nesse sentido, apresentam baixa absorção de cobre, pois a

formação de sulfetos pelos protozoários no rúmen influencia negativamente na absorção de cobre (NRC, 2007). O fígado é o principal órgão de armazenamento, o qual controla a homeostase do cobre através das metalotioneínas, e a principal via de excreção ocorre pelas fezes (McDOWELL, 1992).

A deficiência de cobre pode ocorrer em função da reduzida inclusão do mineral na dieta, bem como estar relacionada a altos níveis de Mo e S, ocasionando a formação de tiomolibdato que inibe o metabolismo do cobre (MILTIMORE e MASON, 1971). Os sinais de deficiência por cobre incluem anemia, diarreia, retardo no crescimento, perda na pigmentação, infertilidade, insuficiência cardíaca e ataxia neonatal (UNDERWOOD e SUTTLE, 1999; MCDOWELL, 1992). Estudos sugerem que as células T e B, neutrófilos e macrófagos são afetados em função da deficiência de cobre, o que aumenta a mortalidade de ovinos em função de infecção bacteriana (CHEW, 2000). Cordeiros alimentados com dietas pobres em cobre apresentaram falta de coordenação motora nas patas, paralisia e morte, sintomas de ataxia enzoótica (NRC, 1985). Necrose hepática e nefrose hemoglobinúrica foram observadas em ovinos alimentados com altos níveis de cobre na dieta (HUMANN-ZIEHANK *et al.*, 2001).

O cobre pode ser encontrado nas formas de sulfato de cobre, carbonato de cobre, cloreto de cobre e óxido de cobre. A suplementação com sais de cobre, associados a suplementos minerais, pode ser uma alternativa mais econômica e eficiente no controle da deficiência em todas as regiões do Brasil (MARQUES, 2003). A concentração de outros oligoelementos (como molibdênio e o enxofre) pode interferir na biodisponibilidade do cobre. O excesso de ferro, cálcio e zinco também pode influenciar na absorção de cobre (GRAHAM, 1991).

A suplementação de cobre na dieta deve ser estabelecida conforme os níveis dos minerais que interagem na absorção de cobre. Na alimentação de animais ruminantes, o nível máximo permitido deste mineral é de 15 mg/kg de MS (NRC, 2007). Ovinos são mais sensíveis à toxicidade por cobre, em virtude da limitação em sintetizar metalotioneínas, acumulando, dessa forma, cobre no fígado. Em dietas para ovinos, a proporção adequada de cobre/molibdênio é de 6:1; uma proporção maior que 10 pode resultar em intoxicação. Com isso, as rações destinadas aos ovinos devem conter cerca de 20 ppm de cobre (HERDT e HOFF, 2011).

Zhang *et al.* (2015), ao trabalharem utilizando ovinos machos e fêmeas cruzados Dorper x Hu em estudo de abate comparativo, relataram que as necessidades de cobre durante o crescimento diferem entre os sexos, e aumentaram de 0,46 para 0,51 mg/dia para as fêmeas

e de 0,60 para 0,72 para os machos. Underwood e Suttle (1999) observaram que ao estimar a exigência de cobre para ovinos, além da idade e do estado fisiológico, deve-se considerar os níveis de Fe, S, Mo e Zn na dieta, pois influenciam a biodisponibilidade do cobre, na base de MS, variando de 4,3 a 28,4 ppm.

O ferro é importante componente da hemoglobina e mioglobina. Está envolvido nas reações de óxido, redução na cadeia transportadora de elétrons na mitocôndria, compondo a citocromo oxidase, e participa também na formação de peroxidases, combatendo os radicais livres (NRC, 2007). O ferro também participa de todas as etapas do ciclo de Krebs, ativando ou auxiliando enzimas (SUTTLE, 2010).

A homeostase do ferro é controlada pela absorção duodenal; o excesso ou a deficiência podem causar problemas no animal. O fígado é o órgão de maior armazenamento do ferro, podendo ser encontrado ainda no baço e na medula óssea; a excreção é limitada e controlada pela absorção. A absorção de ferro aumenta com a presença dos aminoácidos histidina, lisina e cisteína, todavia essa absorção é reduzida quando os níveis de fósforo na dieta estão elevados em função da formação de complexos insolúveis (STAHL *et al.*, 1999).

O solo e as pastagens são fontes de ferro para ruminantes em pastejo, no entanto, para animais em confinamento, a deficiência pode ser comum, logo, deve ser suplementado (McDOWELL, 1992). A deficiência de ferro provoca a redução na oxigenação dos tecidos, visto que o ferro não será suficiente para formação da hemoglobina. Animais na fase de aleitamento são mais suscetíveis à anemia, por deficiência de ferro em função da baixa concentração de Fe no leite (HIBBS *et al.*, 1961). A anemia está entre os principais sinais clínicos da deficiência de ferro em função da redução da hematopoiese e baixo desempenho produtivo (MÖLLERBERG *et al.*, 1975).

A suplementação de ferro para ruminantes se faz necessária quando os animais apresentam elevada infestação por parasitas, bem como quando há inclusão de altos níveis de antagonistas dietéticos como exemplo Ca, P, Zn, gossipol e fitatos. Assim, são mantidos em confinamento e recebem dieta de baixo valor nutricional. Segundo Green *et al.* (1997), a anemia em cordeiros pode ser controlada por meio de doses de ferro intramuscular. A suplementação dos animais com teores de cobalto ou manganês em excesso pode influenciar na disponibilidade de ferro. A toxicidade por ferro não é comum em ovinos, no entanto, o nível máximo tolerável é de 500 mg/kg de MS (NRC, 2007); valores acima do permitido poderão ter influência negativa sobre o consumo e, conseqüentemente, sobre o ganho de peso (WANG, 1994).

O zinco exerce funções multifatoriais como componente de metaloenzimas

necessárias para o crescimento e saúde dos animais (NRC, 2007). Dentre os principais papéis fisiológicos do zinco estão a participação no metabolismo de ácidos nucleicos, através da síntese de proteínas, regulando genes que compreendem respostas ao estresse, atuação no metabolismo de carboidratos, no sistema imune, na síntese de vitamina A, nos hormônios reprodutivos e no equilíbrio ácido-base (BRODY, 1999; McDOWELL, 1992; NRC, 2001).

A homeostase do zinco é regulada pela concentração plasmática do mineral; a interação com cobre e cádmio pode reduzir a absorção (COUSINS, 1996). A absorção do Zn ocorre principalmente no rúmen e no duodeno, sendo regulada pela metalotioneína (ARORA *et al.*, 1969). O zinco é armazenado nos tecidos viscerais como fígado, pâncreas, rins, e órgãos reprodutivos, assim como nos ossos. A excreção deste ocorre por via fecal e varia conforme a necessidade do animal (FEASTER *et al.*, 1954; MILLER, 1973).

A redução no consumo de alimentos e o retardo no crescimento são os sinais mais evidentes da deficiência de zinco nos animais, no entanto, também ocorre depressão do sistema imunológico, perda de pelo, apetite depravado, paraqueratose, falhas na síntese de DNA e anormalidades ósseas (UNDERWOOD e SUTTLE, 1999; NRC, 2007). Ovinos com deficiência de zinco apresentaram linfopenia, paraqueratose e redução nos níveis da enzima superóxido dismutase (FOUDA *et al.*, 2011). Droke *et al.* (1993) observaram que a deficiência de zinco em ovinos alterou a concentração de insulina e do hormônio do crescimento. Ovinos, da raça Merino, apresentaram redução na concentração de testosterona e no desenvolvimento testicular, quando alimentados com dietas deficientes em zinco (MARTIN *et al.*, 1994). Ovelhas no terço final da gestação, que não receberam suplementação de Zn, apresentaram toxemia da prenhez e retenção de placenta.

Ovinos intoxicados com zinco manifestaram ausência de apetite, anemia, redução da condição corporal e aumento dos níveis de Zn nos órgãos viscerais, sendo estes importantes na identificação da toxicidade (ALLEN *et al.*, 1983). O excesso de Zn pode também elevar a deficiência de Fe e Cu. O nível máximo permitido de Zn na dieta de ruminantes é de 300 mg/kg de MS (NRC, 2007).

A suplementação de zinco pode ocorrer por meio do fornecimento de mistura mineral previamente formulado, bem como injeções de óxido de zinco, zinco lisina e por meio de *pellets* de zinco intra-ruminal (UNDERWOOD e SUTTLE, 1999). Melo *et al.* (2015), ao suplementarem borregas Texel em crescimento com zinco orgânico, observaram efeitos positivos com aumento do ganho de peso médio diário. Garg *et al.* (2008) também observaram aumento no ganho de peso médio diário de cordeiros suplementados com zinco metionina.

O manganês é responsável pela ativação das enzimas necessárias aos processos biológicos como a piruvato carboxilase, responsável pela gliconeogênese; superóxido dismutase, que evita a oxidação de lipídeos através da remoção de radicais livres; e a glicosiltransferase, que atua na síntese da matriz óssea, através da formação de cartilagem (NRC, 2007; CARVALHO *et al.*, 2003; SUTLLE, 2010). A glicosiltransferase, ativada pelo manganês, também está envolvida na formação de protrombina, uma glicoproteína plasmática essencial para a coagulação sanguínea.

O manganês, em conjunto com zinco, cobre e selênio, age no sistema imunológico, por meio da manutenção do desempenho normal dos neutrófilos e macrófagos (CARVALHO *et al.*, 2003; NRC, 2007). A influência do manganês na reprodução está relacionada aos hormônios envolvidos no funcionamento do corpo lúteo e desenvolvimento testicular (HIDIROGLOU *et al.*, 1979).

A absorção do manganês é baixa e o fornecimento de dietas com altos níveis de cálcio, fósforo e ferro reduzem a absorção. O armazenamento de manganês no corpo é baixo, sendo encontrado nos ossos, fígado e músculo esquelético, possuindo a bile importância no controle homeostático, tendo as fezes como principal via de excreção do manganês (MALECKI *et al.*, 1996; GRACE, 1983; THOMAS, 1970). Ataxia, formação óssea anormal, fraqueza muscular, estro ausente ou irregular, degeneração dos testículos, reabsorção fetal e redução na produção de leite são os sintomas associados à deficiência de manganês.

Cordeiros recebendo dieta com baixa suplementação de Mn apresentaram ossos frágeis e menor crescimento (LASSITER e MORTON, 1968). Os conteúdos de ácido urônico, glicosamina e galactosamina da cartilagem epifisária foram menores em cordeiros nascidos de ovelhas com deficiência de Mn (HIDIROGLOU *et al.*, 1979).

O excesso de Mn na dieta altera a composição da microflora do rúmen e, conseqüentemente, a proporção de ácidos graxos, ocasionando efeito adverso sobre o crescimento do animal (GEORGIEVSKII *et al.*, 1981). A suplementação com manganês normalmente não é necessária, exceto nos casos de dietas com alto teor de concentrado a base de milho ou de pastagens deficientes. Quando necessária, a suplementação ocorre através do fornecimento de óxido de manganês na ração ou aplicação de sulfato de manganês no solo (McDOWELL, 1992). De acordo com o NRC (2007), o nível tóxico desse mineral é de 2000 mg/kg de MS.

Considerando as informações e reflexões apresentadas, diante da importância desses minerais para nutrição animal, a determinação das exigências de minerais para ovinos deslanados pós desmama representa uma fonte imprescindível para pesquisa.

3 CAPÍTULO I - EXIGÊNCIAS DE MINERAIS PARA OVINOS SANTA INÊS

RESUMO

Objetivou-se avaliar as exigências de minerais para ovinos deslanados da raça Santa Inês. Foram utilizados 38 cordeiros Santa Inês (19 machos castrados e 19 machos não castrados) com $13,0 \pm 1,49$ kg de peso corporal inicial e aproximadamente dois meses de idade. Os animais foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado com arranjo fatorial 3x2, sendo três níveis de alimentação (*ad libitum*, 30 e 60% de restrição alimentar) e duas classes sexuais (machos castrados e não castrados). Foi utilizado o procedimento de abate comparativo, no qual, os dados de um grupo referência com quatro animais de cada classe sexual foram abatidos no início do experimento e utilizados para estimar a composição corporal inicial e o peso de corpo vazio (PCVZ) dos animais remanescentes, abatidos ao final do experimento, quando o peso corporal médio dos animais alimentados *ad libitum* atingiu 30 kg. As exigências líquidas para manutenção foram calculadas pela regressão do mineral retido em função do mineral consumido. A relação de conversão entre o peso corporal e PCVZ dos animais foi de 1,36. A composição corporal de cada mineral foi estimada em função do peso de corpo vazio, variando de 7,35 a 22,05 kg de PCVZ. As equações de regressão para estimativa da exigência líquida de manutenção e coeficiente de retenção dos minerais não diferiram ($P > 0,05$) entre a classe sexual. Assim, uma única equação de manutenção para cada mineral foi gerada para ambas as classes sexuais. As equações para estimativa da composição corporal e das exigências líquidas de minerais para ganho não diferiram ($P > 0,05$) entre as classes sexuais, exceto para Mg e Mn, sendo que as equações obtidas para exigências líquidas de Mg e Mn para manutenção nos animais não castrados foram $GPCVZ*(0,43*PCVZ^{0,16})$ e $GPCVZ*(0,72*PCVZ^{0,21})$, respectivamente, enquanto que para animais castrados foram $GPCVZ*(0,46*PCVZ^{0,27})$ e $GPCVZ*(0,79*PCVZ^{0,32})$, respectivamente. As exigências líquidas de minerais para ganho aumentaram quando o peso corporal aumentou de 10 para 30 kg. No entanto, a exigência de cálcio para o ganho reduziu de 2,02 para 2,00 g/dia quando o peso corporal aumentou de 10 para 30 kg. A exigência de manutenção e o coeficiente de retenção de minerais para cordeiros Santa Inês são iguais para machos não castrados e castrados. As exigências de magnésio e manganês para ganho são maiores nos machos castrados.

Palavras-chave: Composição corporal. Dietética. Manutenção. Nutrição animal.

MINERALS REQUIREMENTS FOR HAIR SHEEP SANTA INES

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the mineral requirements for hair sheep Santa Ines. Thirty-eight Santa Ines lambs (19 castrated and 19 non-castrated males) with 13.0 ± 1.49 kg of initial body weight and approximately two months of age were used. The animals were distributed in 3x2 factorial design with three feeding levels (ad libitum, 30 and 60% feeding restriction) and two sex classes (castrated and non-castrated males). The comparative slaughter procedure was used, in which data from a reference group of four animals of each sex classes were slaughtered at the beginning of the experiment and used to estimate the initial body composition and empty body weight (EBW) of the remaining animals slaughtered at the beginning of the experiment end of the experiment when the average body weight of animals fed ad libitum reached 30 kg. The net maintenance requirements were calculated by the regression of the retained mineral as a function of the mineral intake. The conversion ratio between body weight and EBW of the animals was 1.36. The body composition of each mineral was estimated as a function of empty body weight, ranging from 7.35 to 22.05 kg of EBW. Regression equations for estimating net maintenance requirement and mineral retention coefficient did not differ ($P>0.05$) between sex classes. Thus, a single maintenance equation for each mineral was generated for both sex classes. Equations for estimating body composition and net mineral gain requirements did not differ ($P>0.05$) between sex classes, except for Mg and Mn. The equations obtained for net gain requirements of Mg and Mn for non-castrated animals were $EBWG*(0.43*EBW^{0.16})$ and $EBWG*(0.72*EBW^{0.21})$ respectively, while which for castrated animals were $EBWG*(0.46*EBW^{0.27})$ and $EBWG*(0.79*EBW^{0.32})$, respectively. Net mineral requirements for gain increased as body weight increased from 10 to 30 kg. However, calcium requirement for gain decreased from 2.02 to 2.00 g/day when body weight increased from 10 to 30 kg. The maintenance requirement and mineral retention coefficient for Santa Ines lambs are the same for non-castrated and castrated males. Magnesium and manganese requirements for gain are higher in castrated males.

Keywords: Animal nutrition. Body composition. Dietary. Maintenance.

3. 1 Introdução

Os requisitos minerais líquidos recomendados para ovinos pelo ARC (1980), AFRC (1991), INRA (1989), NRC (2007) e CSIRO (2007) apresentam semelhanças e, por isso, são adotados na elaboração das dietas em todo o mundo. No entanto, tais recomendações utilizadas na elaboração das tabelas de exigências foram fundamentadas em estudos conduzidos com ovinos lanados criados em regiões temperadas. Nessa perspectiva, estas recomendações podem não refletir os reais requerimentos dos ovinos deslanados criados em clima tropical (GONZAGA NETO *et al.*, 2005; TEIXEIRA *et al.*, 2013; PEREIRA *et al.*, 2016).

Os requerimentos nutricionais de ovinos, em diferentes situações fisiológicas, não estão completamente esclarecidos. Os estudos de exigências de minerais conduzidos por Pereira *et al.* (2016) e Pereira *et al.* (2018) com ovinos deslanados criados em condições tropicais verificaram que as necessidades minerais diferem do que é recomendado pelos comitês internacionais. Pois, aspectos tais como raça, classe sexual, idade, composição corporal, fontes de alimentos e as condições ambientais no qual os animais são explorados interferem nas exigências de minerais dos animais (NRC, 2000; NRC, 2007; CSIRO, 2007; IRSHAD *et al.*, 2013). A classe sexual está entre um dos fatores que influenciam as exigências nutricionais dos animais, uma vez que machos castrados e não castrados apresentam diferenças na composição corporal, no entanto, esse fator não é levado em consideração pelos comitês internacionais (PEREIRA *et al.*, 2017).

Dentre os diferentes grupos genéticos de ovinos deslanados criados nos trópicos, a raça Santa Inês destaca-se na produção animal em função da resistência aos parasitas e adaptabilidade às condições ambientais adversas (PORTILHO *et al.*, 2006). O presente estudo hipotetiza que as exigências de minerais estabelecidas pelos comitês internacionais diferem das reais necessidades de ovinos deslanados criados em condições tropicais. Portanto, estabelecer as exigências de minerais para ovinos Santa Inês de diferentes classes sexuais criados em regiões tropicais permite definir padrões alimentares adequados às condições ambientais e obtenção de um sistema nutricional mais eficiente e econômico (GONZAGA NETO *et al.*, 2005). Assim, o conhecimento das exigências de minerais se faz necessário para minimizar o uso dos valores de exigências preconizados para ovinos lanados.

Deste modo, esse estudo foi conduzido com o objetivo de estimar as exigências dietéticas de minerais para ovinos deslanados da raça Santa Inês submetidos a diferentes níveis alimentares e classes sexuais.

3.2 Material e métodos

O experimento foi conduzido no Setor de Digestibilidade do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará (UFC), em Fortaleza, CE, Brasil. As diretrizes do Comitê de Ética em Pesquisa Animal da Universidade Federal do Ceará foram utilizadas para os cuidados com os animais. Trinta e oito cordeiros da raça Santa Inês com peso corporal médio inicial de $14,46 \pm 1,72$ kg, e aproximadamente dois meses de idade, foram adquiridos para realização do estudo, identificados com brinco numerado, tratados contra endoparasitas (Ivomec, Merial, Duluth, GA) e alocados em baias individuais ($2,0 \text{ m}^2$), providas de bebedouros e comedouros. Inicialmente, dezenove animais com uso de *burdizzo* e anestésicos foram submetidos ao processo de castração, totalizando 19 cordeiros castrados e 19 cordeiros não castrados. Em seguida, os animais passaram por um período de vinte dias de adaptação à castração e à dieta experimental. Após esse período, oito animais foram aleatoriamente escolhidos e abatidos para determinação peso de corpo vazio (PCVZ) e a composição corporal inicial, sendo quatro de cada classe sexual (Tabela 1).

Tabela 1 – Composição corporal dos animais referências

	Não Castrados	Castrados
PC ¹ (kg)	13,64	15,75
PCVZ ² (kg)	9,59	10,77
Água (%PCVZ)	69,09	70,15
Proteína (%PCVZ)	16,15	15,65
Gordura (%PCVZ)	7,88	7,73
Cinzas (%PCVZ)	6,38	6,35
Macrominerais (g/kg PCVZ)		
Ca	11,05	12,57
P	8,66	9,68
Mg	0,62	0,57
Na	1,72	1,72
K	2,30	2,23
Microminerais (mg/kg PCVZ)		
Co	1,65	1,64
Cu	5,40	6,63
Fe	109,98	158,26
Mn	1,32	1,43
Zn	36,89	42,24

¹PC = Peso corporal, ²PCVZ = peso de corpo vazio

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

Os trinta cordeiros remanescentes foram aleatoriamente distribuídos em três níveis alimentares (*ad libitum*, 30 e 60% de restrição alimentar) e duas classes sexuais (15 castrados e 15 não castrados), compondo um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3x2. A dieta experimental (Tabela 2) foi formulada para suprir os requerimentos de um ovino com maturidade tardia e promover ganho de 200 g/dia de acordo com NRC (2007).

Tabela 2 – Proporção de ingredientes e composição química dos ingredientes e da ração experimental.

Ingredientes, g/kg MS	Dieta Experimental			
Feno de Capim Tifton 85	607			
Milho grão moído	197			
Farelo de soja	188			
Calcário calcítico	1,9			
Fosfato bicálcico	4,1			
Cloreto de sódio	0,7			
Premix mineral ¹	0,3			
Composição química (g/ kg MS)	Ração total	Feno de Capim Tifton 85	Milho grão moído	Farelo de soja
Matéria seca	918,10	929,58	900,57	901,22
Proteína bruta	178,00	110,61	77,01	500,13
Extrato etéreo	24,78	15,32	66,30	11,84
Matéria mineral	56,72	66,95	15,04	70,34
FDN	492,60	707,70	152,95	193,86
FDNcp [†]	456,49	673,52	141,28	128,03
Cálcio	1,67	3,09	45,02	3,22
Fósforo	1,70	5,80	5,63	1,61
Magnésio	4,17	5,47	12,86	2,82
Sódio	1,61	1,75	1,84	1,64
Potássio	88,27	50,52	2,73	49,24
Microminerais (mg/kg MS)				
Cobalto	306	929	300	450
Cobre	918	929	300	450
Ferro	131	185	900	100
Manganês	306	309	900	225
Zinco	229	929	450	150
Cromo	918	929	900	901

¹Composição (1 kg of premix): Cálcio 225 g para 215 g; fósforo, 40 g; enxofre, 15 g; sódio, 50 g; magnésio, 10 g; cobalto 11 mg; iodo, 34 mg; manganês, 1800 mg; selênio, 10 mg; zinco, 2000 mg; ferro, 1250 mg; cobre, 120 mg; flúor, 400 mg; Vitamina A, 37.5 mg; Vitamina D3, 0.5 mg; e Vitamina E, 800 mg

[†]Fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína, FDN = fibra em detergente neutro.

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

Os animais foram alimentados duas vezes ao dia, às 08h00 e às 16h00, com o consumo *ad libitum* ajustado para permitir, aproximadamente, 10% de sobras. A restrição alimentar de 30 e 60% foi baseada no consumo dos animais *ad libitum* de cada classe sexual. A água foi fornecida *ad libitum* para todos os animais.

3.3 Abate e Amostragens

Os animais foram pesados a cada 15 dias para acompanhamento do ganho de peso

corporal, e a duração do experimento foi determinada pelo tempo necessário para que a média de peso corporal dos animais alimentados *ad libitum* atingisse 30 kg, momento em que todos os animais foram abatidos, perfazendo um total de 100 dias. Antes do abate, os animais foram pesados para obtenção do peso corporal, sendo, posteriormente, submetidos a jejum de alimentos sólidos e água por 18 horas, e foram novamente pesados para obtenção do peso corporal ao jejum e abatidos por insensibilização via concussão cerebral e secção da veia jugular e artéria carótida. Após o abate, o trato digestório foi completamente retirado e pesado cheio, sendo esvaziado, lavado e escorrido para obtenção do peso do corpo vazio, o qual foi obtido subtraindo-se do peso corporal ao jejum. Posteriormente, as carcaças foram refrigeradas a 4 °C durante 24 h. Após esse período, foram pesadas novamente para obtenção do peso de carcaça fria e divididas em meia carcaça: direita e esquerda. Em seguida, a meia carcaça direita e todos os componentes não carcaça foram congelados e, posteriormente, serrados em serra de fita e moídos em *cutter* industrial. Após homogeneização, uma porção de aproximadamente 500g de cada amostra foi coletada e armazenada em *freezer* à -20 °C.

Amostras de feno, concentrados e sobras, foram pré-secas em estufa de ventilação forçada até peso constante. Em seguida, as amostras foram moídas em moinho de faca com peneira de um milímetro de diâmetro (moinho Wiley, Arthur H. Thomas, Philadelphia, PA, EUA). As amostras foram analisadas para determinar os níveis de matéria seca (MS, método 967,03 - AOAC, 1990), cinzas (método 942,05 - AOAC, 1990), proteína bruta (PB, método 981,10 - AOAC, 1990), extrato etéreo (EE, método 920,29 - AOAC, 1990) e fibra em detergente ácido (FDA, método 913,18 - AOAC, 1990). A fibra em detergente neutro (FDN), foi determinada de acordo com Van Soest *et al.* (1991), e FDN corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), conforme Licitra *et al.* (1996). As amostras do corpo dos animais foram desengorduradas por extração com éter em aparelho Soxhlet (AOAC, 1990) durante 12h, em seguida foram moídas em moinho de bola para subseqüentes análises químicas e de minerais.

3.4 Análises dos Minerais

As amostras de alimentos, corpo do animal, rações e sobras foram avaliadas quanto à composição mineral, através da digestão em ácido nitroperclórico, segundo o método INCT-CA M-004/1, descrito por Detmann *et al.* (2012), obtendo-se, desta forma, a solução mineral, a partir da qual foram realizadas diluições para quantificação dos minerais. Cálcio e magnésio foram determinados adicionando-se cloreto de estrôncio e leituras através de espectrometria de absorção atômica (GBC Avanta Sigma, Hampshire, EUA); (Método 968.08; AOAC, 2000). Para o sódio e potássio, as concentrações foram determinadas por espectrometria de emissão de chama (Corning 400, NY, EUA) (Método 985.35, AOAC,

2000).

O fósforo foi determinado por redução do complexo fósforo-molibdato, com ácido ascórbico, e as leituras foram realizadas em espectrofotômetro óptico (Método 965.17, AOAC, 2000). Os microminerais foram determinados por meio de espectrofotometria de absorção atômica (GBC Avanta Sigma, Hampshire, EUA) (Método 968.08; AOAC, 2000).

A estimativa do PCVZ inicial (PCVZ_i) foi realizada utilizando-se dos dados dos animais do grupo referência. A quantidade dos minerais retidos no corpo dos animais foi determinada pela diferença na quantidade do mineral no PCVZ_i e no PCVZ ao abate. As exigências líquidas para manutenção foram calculadas pela regressão do mineral retido em função do mineral consumido conforme o modelo a seguir, proposto por Lofgreen e Garrett (1968):

$$MR = \beta_0 + \beta_1 \times MC \quad (1)$$

em que: MR = mineral retido (mg/kg PCVZ^{0,75}/dia); MC = mineral consumido (mg/kg PCVZ^{0,75}/dia); β_0 e β_1 são parâmetros da regressão, de modo que β_0 é considerado como a exigência líquida do mineral para manutenção (ELM; mg/kg PCVZ^{0,75}/dia) e β_1 é considerado como coeficiente de retenção daquele mineral.

A composição corporal de cada mineral foi estimada em função do peso de corpo vazio (PCVZ) de acordo com modelo a seguir proposto por Brody (1945):

$$CM = a \times PCVZ^b \quad (2)$$

em que: CM = conteúdo corporal do mineral (mg); PCVZ = peso de corpo vazio (kg); “a” e “b” são parâmetros da regressão.

As exigências líquidas dos minerais para ganho foram estimadas derivando-se o modelo acima da composição corporal:

$$ELGM = GPCVZ \times (a \times b \times PCVZ^{(b-1)}) \quad (3)$$

em que: ELGM = exigências líquidas para ganho de peso de cada mineral (mg/dia); “a” e “b” são parâmetros da regressão.

As exigências dietéticas de cada mineral foram calculadas pela soma das exigências de manutenção e ganho, e dividida pelo coeficiente de retenção.

Os efeitos do nível de alimentação e da classe sexual sobre os parâmetros corporais, composição dos minerais no PCVZ e consumo foram avaliados por meio do procedimento GLM do SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC), com nível de significância igual a 0,05, de acordo com o modelo estatístico: $Y_{ij} = \mu + S_i + R_j + (SR)_{ij} + e_{ij}$, onde μ = média geral; S_i = efeito da classe sexual (castrados ou não castrados); R_j = efeito do nível de alimentação (*ad libitum*, 30 e 60% de restrição); $(SR)_{ij}$ = interação do nível de alimentação e classe sexual e e_{ij} = erro aleatório. O mesmo critério foi adotado para as interações entre os efeitos das classes sexuais e restrições alimentares. O efeito da classe sexual foi testado por intermédio do PROC MIXED. Os parâmetros dos modelos lineares foram estimados utilizando o PROC MIXED do SAS (versão 9.3, 2011), enquanto os parâmetros dos modelos alométricos foram gerados por intermédio do PROC NLIN (SAS 9.3), adotando-se como nível crítico de significância P igual a 0,05. Foram considerados *outliers*, valores com resíduo de Tukey-Kramer superior a dois desvios padrão em relação ao valor estimado.

3.5 Resultados e Discussão

Os animais alimentados *ad libitum* apresentaram maior peso corporal final (PCf), peso de corpo vazio final (PCVZf) e ganho médio diário (GMD) ($P < 0,05$; Tabela 3). Nos animais alimentados com 60% de restrição, foi verificado o maior sódio na composição corporal do PCVZ ($P = 0,0019$). A homeostase do sódio é regulada pela ação da aldosterona, e o fato dos animais com maior restrição apresentarem maior sódio na composição corporal do peso de corpo vazio pode estar relacionado a mecanismos de ajuste fisiológicos para redução da excreção e aproveitamento máximo do mineral (SCHRIER, 2006). Animais castrados apresentaram maiores valores de Mg, Na, Co e Mn para composição corporal do PCVZ ($P < 0,05$) do que os não castrados. A proporção de tecido ósseo, muscular e adiposo, muda ao longo do crescimento animal e as composições minerais do corpo dependem dessas proporções, sendo o sexo um dos fatores que influenciam essas mudanças, portanto, justificam-se as diferenças encontradas no presente estudo (LAWRENCE *et al.*, 2012).

Tabela 3 – Parâmetros corporais e composição dos minerais no peso de corpo vazio de ovinos machos não castrados e castrados Santa Inês - continua

Item	NA			CS		SEM	NAxCS	P – valor	
	0%	30%	60%	NC	C			NA	CS
PCi (kg)	14,33	14,43	14,53	14,46	14,40	0,65	0,988	0,955	0,923
PCf (kg)	30,13 ^a	23,87 ^b	17,27 ^c	24,20	23,31	0,55	0,5567	< 0,001	0,0658
PCVZ (kg)	23,00 ^a	17,70 ^b	12,15 ^c	17,92	17,32	0,42	0,3813	< 0,001	0,1066
GMD (g/dia)	155,2 ^a	91,0 ^b	26,7 ^c	95,3	86,6	0,007	0,6746	< 0,001	0,1508

Tabela 3 – Parâmetros corporais e composição dos minerais no peso de corpo vazio de ovinos machos não castrados e castrados Santa Inês

Item	NA			CS		SEM	NAxCS	P – valor	
	0%	30%	60%	NC	C			NA	CS
Macro (g/kg PCVZ)									
Ca	10,55	11,84	11,77	11,18	11,59	0,76	0,4167	0,2063	0,5227
P	8,60	8,83	9,27	8,94	8,86	0,39	0,6777	0,2516	0,8113
Mg	0,62	0,60	0,64	0,56 ^B	0,68 ^A	0,05	0,3033	0,7307	0,0049
Na	1,44 ^b	1,50 ^{ab}	1,56 ^a	1,41 ^B	1,59 ^A	0,03	0,4078	0,0019	< 0,001
K	2,09	2,22	2,15	2,21	2,10	0,07	0,3468	0,2131	0,0594
Micro (mg/kg PCVZ)									
Co	1,54	1,54	1,62	1,49 ^B	1,64 ^A	0,07	0,1075	0,4956	0,0239
Cu	6,40	7,36	7,04	6,45	7,41	0,85	0,6766	0,5474	0,1888
Fe	116,79	108,47	120,11	120,97	109,28	9,17	0,7822	0,4391	0,1396
Mn	1,30	1,17	1,38	1,18 ^B	1,40 ^A	0,10	0,1542	0,1386	0,0153
Zn	41,36	36,98	37,36	38,55	38,58	1,99	0,3202	0,0839	0,9848

NA = nível de alimentação, CS = classe sexual, PC = peso corporal, PCVZ = peso de corpo vazio, GMD = ganho médio diário

^{abc} - Médias seguidas por diferentes letras no nível de alimentação diferem entre si pelo teste de Tukey-Kramer (P<0,05)

^{AB} - Médias seguidas por diferentes letras maiúscula na classe sexual diferem entre si pelo teste de Tukey-Kramer (P<0,05)

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

O consumo de matéria seca e dos minerais reduziu com o aumento da restrição alimentar (P<0,05; Tabela 4). Todavia, o resultado já era esperado, visto que a restrição alimentar a qual os animais foram submetidos era quantitativa e não qualitativa. Não houve efeito da classe sexual sobre os consumos de matéria seca e dos minerais (P>0,05). O maior consumo de matéria seca e de minerais para os animais alimentados *ad libitum* resultou em maiores valores de PCf, PCVZ e GMD, portanto, o desempenho do animal variou em função da quantidade de nutrientes ingeridos. O nível de 60% de restrição alimentar no estudo era semelhante ao requisito de manutenção do animal, assim, representava o nível no qual o metabolismo animal funciona apenas para atender aos processos essenciais de sobrevivência (ARC, 1980).

Tabela 4 – Consumo de matéria seca e minerais de ovinos machos não castrados e castrados Santa Inês, submetidos a diferentes níveis de alimentação - continua

Item	NA			CS		SEM	NAxCS	P – valor	
	0%	30%	60%	NC	C			NA	CS
CMS (g/dia)	811,2 ^a	578,5 ^b	330,2 ^c	575,4	571,2	24,28	0,7185	< 0,001	0,8182
Macro (g/dia)									
Ca	3,57 ^a	2,33 ^b	1,33 ^c	2,43	2,39	0,10	0,9510	< 0,001	0,5997
P	2,90 ^a	1,84 ^b	1,05 ^c	1,93	1,92	0,08	0,7334	< 0,001	0,8722
Mg	1,66 ^a	1,13 ^b	0,65 ^c	1,16	1,14	0,04	0,9177	< 0,001	0,5714
Na	4,53 ^a	3,19 ^b	1,82 ^c	3,20	3,16	0,13	0,8716	< 0,001	0,6824
K	10,88 ^a	8,40 ^b	4,80 ^c	8,14	7,91	0,32	0,9612	< 0,001	0,3782
Micro (mg/dia)									
Co	2,69 ^a	1,80 ^b	1,02 ^c	1,84	1,83	0,07	0,5524	< 0,001	0,8973
Cu	8,29 ^a	6,21 ^b	3,54 ^c	6,05	5,98	0,26	0,8514	< 0,001	0,7450
Fe	126,63 ^a	84,68 ^b	48,33 ^c	87,59	85,50	3,46	0,9754	< 0,001	0,4752

Tabela 4 – Consumo de matéria seca e minerais de ovinos machos não castrados e castrados Santa Inês, submetidos a diferentes níveis de alimentação

Item	NA		CS		SEM	NA _x CS	P- valor		
	30%	60%	NC	C			NA	CS	
Mn	47,27 ^a	27,59 ^b	15,75 ^c	30,34	30,06	1,20	0,8382	< 0,001	0,7784
Zn	33,03 ^a	24,07 ^b	13,74 ^c	23,74	23,48	0,95	0,8146	< 0,001	0,7484

NA = nível de alimentação, CS = classe sexual, CMS = consumo de matéria seca

^{abc} - Médias seguidas por diferentes letras no nível de alimentação diferem entre si pelo teste de Tukey-Kramer (P<0,05)

^{AB} - Médias seguidas por diferentes letras maiúscula na classe sexual diferem entre si pelo teste de Tukey-Kramer (P<0,05)

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

As equações de regressão para estimativa da exigência líquida de manutenção e coeficiente de retenção dos minerais não diferiram entre a classe sexual (P>0,05; Tabela 5). Assim, uma única equação de manutenção para cada mineral foi gerada para ambas as classes sexuais. A relação de conversão entre o peso de corpo vazio (PCVZ) e o peso corporal (PC) dos animais foi de 0,735. Portanto, representando que o peso de corpo vazio dos animais equivale a 73,5 % do peso corporal, os dados podem facilmente ser estabelecidos em ambos os pesos, contribuindo para as conversões nos cálculos de exigências.

Tabela 5 – Equações de regressão para estimativa da exigência líquida de minerais para manutenção de machos não castrados e castrados Santa Inês

Equações	R ²	RMSE	Exigência líquida de manutenção	
Macrominerais(g/kgPCVZ ^{0,75} /dia)			g/kg PCVZ/dia	g/kg PC/dia
Ca = 0,652 x CaCons - 0,078	0,74	0,03	0,15	0,11
P = 0,7730 x PCons - 0,084	0,84	0,02	0,16	0,12
Mg = 0,0807 x MgCons - 0,0048	0,49	0,003	0,02	0,01
Na = 0,080 x NaCons - 0,01879	0,82	0,004	0,05	0,04
K = 0,059 x KCons - 0,0379	0,85	0,005	0,09	0,06
Microminerais(mg/kgPCVZ ^{0,75} /dia)			mg/kg PCVZ/dia	mg/kg PC/dia
Co = 0,1285 x CoCons - 0,0149	0,72	0,005	0,04	0,03
Cu = 0,1593 x CuCons - 0,0374	0,28	0,049	0,09	0,06
Fe = 0,2411 x FeCons - 1,6729	0,59	0,61	1,47	1,08
Mn = 0,0040 x MnCons - 0,0071	0,43	0,005	0,02	0,01
Zn = 0,3490 x ZnCons - 0,6977	0,86	0,10	0,76	0,56

PCVZ = peso de corpo vazio, PC = peso corporal, RMSE = raiz do erro médio quadrático

Conversão do PCVZ para PC (PCVZ = 0,735 do PC)

Cons = Consumido

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

O coeficiente de retenção dos minerais diferiu daqueles recomendados pelos comitês internacionais INRA (2018) (38% Ca, 46% Mg, 90% Na e 93% K) e NRC (2007) (40% Ca, 60% P, 17% Mg, 91% Na e 90% K). Essas diferenças podem ser atribuídas à metodologia adotada, pois os trabalhos iniciais com exigências de minerais baseavam-se em estudos que verificavam o quanto o mineral consumido era eliminado via fezes, de modo que o coeficiente de retenção representa a relação entre o mineral retido no corpo do animal e o

mineral consumido. Estes trabalhos, entretanto, desconsideravam perdas endógenas inevitáveis do nutriente, como perdas urinárias, perdas por meio do suor e da saliva e não as mensuravam (SANTOS NETO *et al.*, 2016). Os minerais Mg, Na e K apresentaram baixos coeficientes de retenção que podem estar associados à alta concentração desses minerais na dieta experimental adotada e, possivelmente, aumento na excreção, bem como ao fato da variável não apresentar um valor fixo em função da diferença de desenvolvimento dos tecidos corporais ao longo do crescimento (GERASEEV *et al.*, 1999; CASTRO *et al.*, 2019).

Os resultados demonstraram não haver diferença na exigência de manutenção e no coeficiente de retenção de minerais entre as classes sexuais. No entanto, para a composição corporal e exigência de Mg e Mn no ganho, as diferenças entre as classes sexuais se mostraram evidentes.

As equações para estimativa da composição corporal e das exigências líquidas de minerais para ganho não diferiram ($P > 0,05$) entre as classes sexuais, exceto para Mg e Mn, para os quais equações distintas foram geradas para ambas as classes sexuais (Tabela 6). A composição corporal dos animais aumentou em função do aumento do peso corporal, no entanto, a concentração de cálcio reduziu, sugerindo a proximidade da maturidade fisiológica. O expoente negativo na equação de Ca, para ganho, indicou que a exigência deste macromineral reduziu à medida que os animais cresceram, e que animais jovens possuem maiores exigências em relação aos animais adultos. Contudo, para os outros minerais, exceto sódio, as equações para determinação das exigências líquidas para ganho apresentaram expoente positivo, indicando que as exigências para ganho elevaram com o aumento do peso corporal. O expoente da equação do Na foi próximo de zero, indicando que o requisito líquido de crescimento não varia consideravelmente com o crescimento do animal. Os animais ainda estavam em crescimento, portanto podem ocorrer mudanças nesses expoentes ao longo da curva de crescimento. O crescimento dos tecidos ósseo e muscular estabiliza quando o animal atinge a maturidade fisiológica, passando assim a acumular tecido adiposo no corpo (ARC, 1980; AFRC, 1991). O tecido adiposo não possui quantidades significativas de minerais, fato que causa um efeito de diminuição na concentração com o aumento do peso corporal.

Tabela 6 – Equações para estimativa da composição corporal e das exigências líquidas para ganho de ovinos machos não castrados e castrados Santa Inês.

Equações	R ²	RMSE ³	P valor	Peso Corporal (PC; kg) ¹			Equações para exigências líquidas para ganho
				10	20	30	
PCVZ (kg)				7,35	14,70	22,05	
Macrominerais (g/kg PCVZ)							
Ca = 12,94 x PCVZ ^{0,99}	0,91	18,20	0,04	12,68	12,60	12,55	Ca = GPCVZ*(12,81*PCVZ ^{-0,01})
P = 8,57 x PCVZ ^{1,05}	0,91	15,77	0,03	9,47	9,80	10,00	P = GPCVZ*(8,99*PCVZ ^{0,05})
Mg Não castrado = 0,37 x PCVZ ^{1,17}	0,84	1,97	0,002	0,52	0,58	0,63	Mg Não castrado = GPCVZ*(0,43*PCVZ ^{0,16})
Mg Castrado = 0,37 x PCVZ ^{1,27}				0,63	0,76	0,85	Mg Castrado = GPCVZ*(0,46*PCVZ ^{0,27})
Na = 1,64 x PCVZ ^{1,01}	0,94	2,22	0,04	1,67	1,68	1,69	Na = GPCVZ*(1,65*PCVZ ^{0,01})
K = 1,86 x PCVZ ^{1,10}	0,93	3,52	0,07	2,27	2,43	2,53	K = GPCVZ*(2,04*PCVZ ^{0,1})
Microminerais (mg/kg PCVZ)							
Co = 1,19 x PCVZ ^{1,09}	0,88	3,29	0,04	1,42	1,51	1,57	Co = GPCVZ*(1,29*PCVZ ^{0,09})
Cu = 3,80 x PCVZ ^{1,21}	0,67	29,10	0,05	5,77	6,68	7,28	Cu = GPCVZ*(4,59*PCVZ ^{0,21})
Fe = 69,46 x PCVZ ^{1,18}	0,84	9,68	0,05	99,46	112,68	121,21	Fe = GPCVZ*(81,96*PCVZ ^{0,18})
Mn Não castrado = 0,60 x PCVZ ^{1,21}	0,83	4,20	0,001	0,91	1,05	1,15	Mn Não castrado = GPCVZ*(0,72*PCVZ ^{0,21})
Mn Castrado = 0,60 x PCVZ ^{1,32}				1,13	1,42	1,61	Mn Castrado = GPCVZ*(0,79*PCVZ ^{0,32})
Zn = 16,21 x PCVZ ^{1,31}	0,93	77,42	0,03	30,08	37,29	42,29	Zn = GPCVZ*(21,23*PCVZ ^{0,31})

PCVZ = peso de corpo vazio; ¹Conversão do PCVZ para PC (PCVZ = 73,5% do PC); ³Raiz do erro quadrático médio

Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

As exigências líquidas de minerais para ganho e dietética aumentaram com o aumento do peso corporal e do ganho médio diário, no entanto, a exigência de Na para ganho se manteve constante e a de Ca reduziu (0,01%; Tabela 7). As exigências líquidas de Mg e Mn para ganho foram 36% maiores para machos castrados em relação aos não castrados com 30 kg de peso corporal e ganho médio diário de 200 g.

O aumento das exigências de minerais para ganho indicou que os animais ainda estavam em crescimento, principalmente na fase de deposição de tecido ósseo e muscular, no entanto, o início da redução da exigência de cálcio para ganho pode indicar que os animais estavam próximos de finalizar a deposição do tecido ósseo. O aumento no teor de proteína corporal, no estudo prévio de Pereira *et al.*, (2017), confirmou que os animais não atingiram o crescimento e a deposição muscular, visto que eram os mesmos animais experimentais. As exigências nutricionais mudam ao longo do crescimento do animal, em virtude da ação dos hormônios reprodutivos e dos diferentes estágios de desenvolvimento dos tecidos corporais (CSIRO, 2007). Os hormônios da reprodução alteram a deposição de tecidos corporais e diferenças para as exigências de minerais entre as classes sexuais são esperadas. No entanto, os comitês internacionais não relatam em seus estudos recomendações específicas para minerais de acordo com cada classe sexual (ARC, 1980; CSIRO, 2007; NRC, 2007).

Tabela 7 – Exigências líquidas de minerais para ganho e dietética de ovinos machos não castrados e castrados Santa Inês

PC (kg)	GMD (g/dia)	Ca	P	Mg NC	Mg C	Na	K	Co	Cu	Fe	Mn NC	Mn C	Zn
		g/dia						mg/dia					
Ganho													
10	100	1,01	0,80	0,04	0,06	0,13	0,20	0,12	0,56	9,48	0,09	0,12	3,18
	200	2,02	1,60	0,09	0,12	0,27	0,40	0,24	1,12	18,96	0,18	0,24	6,36
20	100	1,00	0,83	0,05	0,07	0,13	0,21	0,13	0,65	10,74	0,10	0,15	3,94
	200	2,01	1,66	0,10	0,15	0,27	0,43	0,26	1,30	21,48	0,20	0,30	7,89
30	100	1,00	0,84	0,06	0,08	0,13	0,22	0,14	0,71	11,55	0,11	0,17	4,47
	200	2,00	1,69	0,11	0,17	0,27	0,44	0,27	1,42	23,10	0,22	0,34	8,94
Dietética													
10	100	3,22	2,23	0,73	0,92	2,07	4,04	1,28	4,16	50,15	22,46	30,14	14,74
	200	6,44	4,46	1,46	1,83	4,15	8,08	2,56	8,33	100,29	44,91	60,38	29,47
20	100	3,21	2,27	0,80	1,08	2,08	4,29	1,34	4,72	55,37	25,95	37,58	16,92
	200	6,42	4,53	1,60	2,16	4,17	8,57	2,69	9,44	110,74	51,89	75,16	33,85
30	100	3,20	2,29	0,85	1,19	2,09	4,44	1,38	5,08	58,75	28,24	42,76	18,44
	200	6,41	4,58	1,69	2,37	4,18	8,87	2,76	10,17	117,49	56,47	85,52	36,87

NC = Não castrado, C = Castrado, PC = peso corporal, PCVZ = peso de corpo vazio, GMD = ganho médio diário

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

O NRC (2007) recomendou como exigência de minerais para ganho de um ovino de maturidade precoce com 30 kg e 200g de GMD os valores de 4,1; 2,9; 1,0; 0,6 e 4,8 g/dia de Ca, P, Mg, Na e K, respectivamente, e 0,22; 5,5; 62; 21 e 24 mg/dia de Co, Cu, Fe, Mn e Zn, respectivamente, que são maiores que os observados no presente estudo, com exceção da exigência de Cu que foi menor. Essas diferenças nas exigências podem ser atribuídas ao uso de ovinos lanados, às condições temperadas, ao uso do peso, à maturidade nas fórmulas de alguns minerais desse comitê e as metodologias utilizadas.

As exigências dietéticas de minerais excederam as recomendações preconizadas na literatura internacional, que pode ser atribuída à forma de obtenção das exigências dietéticas, uma vez que é calculada pela soma entre as exigências de manutenção e ganho, divididas pelo coeficiente de retenção.

Estudos que avaliam as exigências de microminerais para ovinos deslanados Santa Inês são inexistentes. Portanto, esse trabalho representa o primeiro a estimar as exigências de microminerais para a referida raça, tornando-se ferramenta importante na formulação de dietas para esses animais.

3.6 Conclusão

A exigência líquida para manutenção e o coeficiente de retenção de minerais para cordeiros Santa Inês são iguais para machos não castrados e castrados. As exigências de Mg e Mn para ganho são maiores nos machos castrados.

4 CAPÍTULO II - EXIGÊNCIAS DIETÉTICAS DE MINERAIS PARA OVINOS MORADA NOVA

RESUMO

O objetivo do estudo foi estimar as exigências de minerais cálcio (Ca), fósforo (P), magnésio (Mg), sódio (Na), potássio (K), cobalto (Co), cobre (Cu), ferro (Fe), mangânes (Mn) e zinco (Zn) em ovinos deslanados da raça Morada Nova. Foram utilizados 31 ovinos, da raça Morada Nova, distribuídos aleatoriamente em três níveis alimentares (*ad libitum*, 30 e 60% de restrição) e duas classes sexuais (machos castrados e não castrados), compondo um esquema fatorial 3x2. A estimativa do peso de corpo vazio inicial foi realizada utilizando os dados dos animais do grupo referência. A composição corporal de cada mineral foi estimada em função do peso de corpo vazio (PCVZ), variando de 7,73 a 23,19 kg de PCVZ. As exigências líquidas para manutenção foram calculadas pela regressão do mineral retido em função do mineral consumido. Os parâmetros peso corporal final, PCVZ, ganho médio diário, consumo de matéria seca e Mg, Co e Fe na composição final do PCVZ reduziram com o aumento no nível de restrição alimentar. Os animais castrados apresentaram maior exigência líquida de manutenção para P (0,15 vs. 0,10 g/kg PC/dia) e Cu (0,26 vs. 0,17 mg/kg PC/dia) e menor coeficiente de retenção para Ca (0,58 vs. 0,75), Na (0,07 vs. 0,09) e K (0,04 vs. 0,05) em relação aos animais não castrados. Não houve efeito da classe sexual sobre as equações para estimativa da composição corporal e exigência de minerais para ganho, assim para ambas as classes sexuais uma equação única foi gerada. A exigência líquida de microminerais para ganho aumentou de 0,09-0,65 g Co/dia, 1,40-1,67 g Cu/dia, 16,21-38,61 g Fe/dia, 0,22-0,77 g Mn/dia e 7,60-9,07 g Zn/dia com o acréscimo do peso corporal de 10 para 30 kg. Animais castrados possuem maior exigência líquida de P e Cu para manutenção e menor coeficiente de retenção para Ca, Na e K.

Palavras-chave: Ganho. Manutenção. Nutrição animal. Ovinos deslanados.

DIETARY REQUIREMENTS OF MINERALS FOR SHEEP MORADA NOVA

ABSTRACT

The aim of this study was to estimate the requirements of calcium (Ca), phosphorus (P), magnesium (Mg), sodium (Na), potassium (K), cobalt (Co), copper (Cu), iron (Fe), manganese (Mn) and zinc (Zn) of hair sheep from the Morada Nova breed. Thirty-one Morada Nova sheep were randomly distributed in three feed levels (ad libitum, 30 and 60% restriction) and two sex classes (castrated and non-castrated males) composing a 3x2 factorial design. Estimation of initial empty body weight was performed using animal data from the reference group. The body composition of each mineral was estimated as a function of empty body weight (EBW), ranging from 7.73 to 23.19 kg of EBW. The net maintenance requirements were calculated by the regression of the retained mineral as a function of the mineral intake. The parameters final body weight, EBW, average daily gain, dry matter intake and Mg, Co and Fe in the final composition of EBW decreased with the increase in the level of feed restriction. The castrated animals presented higher net maintenance requirement for P (0.15 vs. 0.10 g/kg BW/day) and Cu (0.26 vs. 0.17 mg/kg BW/day) and lower retention coefficient for Ca (0.58 vs. 0.75), Na (0.07 vs. 0.09) and K (0.04 vs. 0.05) for non-castrated animals. There was no effect of sex classes on equations for body composition estimation and mineral requirement for gain, so for both sex classes an only equation was generated. The net microminerals requirement for gain increased from 0.09-0.65 g Co / day, 1.40-1.67 g Cu/day, 16.21-38.61 g Fe/day, 0.22-0.77 g Mn/day and 7.60-9.07 g Zn/day with body weight increased from 10 to 30 kg. Castrated animals have higher net P and Cu requirements for maintenance and lower retention coefficient for Ca, Na and K.

Keywords: Animal nutrition. Growth. Hair sheep. Maintenance. Retention coefficient.

4.1 Introdução

Os minerais são incorporados em quantidades mínimas na formulação de rações para ruminantes, de modo que as exigências são frequentemente negligenciadas (TEIXEIRA *et al.*, 2013). Tendo em vista que os minerais interferem diretamente na capacidade produtiva dos animais, avanços científicos que proporcionem acurácia na definição das exigências de minerais são necessários.

Os estudos sobre os requisitos de minerais para ovinos Morada Nova são escassos e as recomendações atuais são baseadas nos padrões internacionais estabelecidos para ovinos lanados (PEREIRA *et al.*, 2014). Sabe-se que as exigências de minerais são influenciadas por vários fatores, entre eles a composição corporal e a classe sexual do animal (SANTOS NETO *et al.*, 2016). Machos castrados e não castrados apresentam diferenciada deposição tecidual, resultando em distinta retenção mineral (SILVA *et al.*, 2016).

Os ovinos Morada Nova constituem um rebanho de importância incontestável para as regiões tropicais (ARAÚJO *et al.*, 2017), sendo explorados nas regiões semiáridas, principalmente para a produção de carne e pele. Logo, a determinação das exigências de minerais para essa raça visa à exatidão na formulação dos planos alimentares, bem como redução na excreção dos minerais no meio ambiente (CHIZZOTTI *et al.*, 2009).

A hipótese elaborada no presente estudo é a de que as exigências dietéticas de minerais para ovinos, da raça Morada Nova, divergem das estabelecidas pelos comitês internacionais, entre as classes sexuais (machos castrados e não castrados).

Desta forma, a presente pesquisa se justifica pela necessidade de estimativa da composição corporal e das exigências de minerais em ovinos da raça Morada Nova, castrados e não castrados. Espera-se que o resultado contribua com a confecção de uma tabela de exigências nutricionais de pequenos ruminantes em condições tropicais.

Assim, objetivou-se estimar as exigências nutricionais de minerais para a manutenção e crescimento de ovinos, da raça Morada Nova, de diferentes classes sexuais, submetidos a diferentes níveis de restrição alimentar.

4.2 Material e métodos

O estudo para estimar as exigências dietéticas de minerais foi conduzido no Setor de Digestibilidade do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.

4.3 Animais e Tratamentos

Foram utilizados trinta e um cordeiros da raça Morada Nova, com média de peso corporal inicial de $14,5 \pm 0,89$ kg e, aproximadamente, quatro meses de idade. Oito compuseram de forma aleatória o grupo referência, utilizados para as estimativas do peso do corpo vazio (PCVZ) e da composição corporal inicial (Tabela 1).

Tabela 1 – Composição corporal dos animais referências

	Não Castrado	Castrados
PC (kg)	15,03	14,72
PCVZ (kg)	10,83	10,88
Água	62,0	61,5
Proteína	15,0	15,0
Gordura	17,5	17,9
Cinzas	3,28	3,28
Macrominerais (g/kg PCVZ)		
Ca	11,96	11,55
P	8,71	8,40
Mg	0,66	0,54
Na	1,63	1,61
K	2,06	1,98
Microminerais (mg/kg PCVZ)		
Co	1,80	1,80
Cu	9,32	11,07
Fe	127,13	144,27
Mn	1,35	1,34
Zn	45,43	44,03

PC = Peso corporal, PCVZ = peso de corpo vazio

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

Os animais remanescentes foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x3, sendo duas classes sexuais (11 machos não castrados e 12 machos castrados), e três níveis de alimentação (*ad libitum*, 30 e 60% de restrição). Inicialmente, os animais foram pesados, identificados, submetidos a um programa sanitário de ecto e endoparasitas com (Merial Ivermectin, Pfizer Animal Health), receberam vitaminas A, D e E, e foram alocados em baias individuais com comedouro e bebedouro.

A dieta foi fornecida aos animais duas vezes ao dia, às 07h30 e às 16h, ajustada para manter sobras de 10% do total de alimentos fornecidos somente para os animais sem restrição, e água *ad libitum*. Os animais *ad libitum* receberam ração conforme NRC (2007), para ganho médio diário de 150g com relação 60:40 de volumoso (feno de capim tifton 85) e concentrado, respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2 – Proporção de ingredientes e composição química da ração experimental.

Ingredientes	% na ração total			
Feno de Tifton 85	60,0			
Milho grão moído	32,72			
Farelo de soja	6,30			
Fosfato bicálcico	0,06			
Premix mineral ^a	0,92			
Composição química (g/ kg MS)	Ração total	Feno de Tifton 85	Milho grão moído	Farelo de soja
Matéria seca	908	913	892	910
Proteína bruta	169	172	103	509
Extrato etéreo	30,8	25,6	43,2	19,3
Matéria mineral	61,9	73,4	13,3	65,9
FDN	439	668	113	135
FDNcp [†]	418	645	98	110
FDA	202	318	26	102
Cálcio	1,05	2,68	44,6	3,25
Fósforo	4,54	3,14	3,43	1,68
Magnésio	6,98	3,14	9,91	2,60
Sódio	1,81	1,36	2,02	1,85
Potássio	1,48	40,57	2,47	52,0
Microminerais (mg/kg MS)				
Cobalto	454	456	297	455
Cobre	908	913	446	910
Ferro	908	913	446	182
Manganês	227	114	148	303
Zinco	151	304	178	182
Cromo	908	913	446	910

[†]Fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína, FDN = fibra em detergente neutro, FDA= fibra em detergente ácido

^aComposição (1 kg of premix): Cálcio 225 g para 215 g; fósforo, 40 g; enxofre, 15 g; sódio, 50 g; magnésio, 10 g; cobalto 11 mg; iodo, 34 mg; manganês, 1800 mg; selênio, 10 mg; zinco, 2000 mg; ferro, 1250 mg; cobre, 120 mg; flúor, 400 mg; vitamina A, 37.5 mg; vitamina D3, 0.5 mg; e vitamina E, 800 mg.

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

4.4 Abate e Amostragens

Os animais foram pesados a cada 15 dias para acompanhamento do ganho de peso corporal, e a duração do experimento foi determinada pelo tempo necessário para que a média de peso corporal dos animais com alimentação à vontade atingisse 28 kg, momento em que todos os animais foram abatidos. Antes do abate, os animais foram submetidos a jejum de alimentos sólidos e água por 18 horas e novamente pesados para obtenção do peso corporal ao jejum (PCJ). Depois foram abatidos por insensibilização via concussão cerebral e secção da

veia jugular e artéria carótida. Após o abate, o trato digestório foi retirado e pesado antes e depois de ser esvaziado. Posteriormente, as carcaças foram refrigeradas a 4 °C durante 24h e pesadas novamente para obtenção do peso de carcaça fria (PCF), e divididas em meia carcaça direita e esquerda. Após as pesagens, a meia carcaça direita e todos os componentes não carcaça foram congelados e posteriormente serrados com serra de fita e moídos em *cutter* industrial. Após homogeneização, uma porção de aproximadamente 500g de cada amostra foi coletada e armazenada em *freezer* a -20 °C para posterior análises.

4.5 Análises de Minerais

As amostras de alimentos, corpo do animal, rações e sobras foram avaliadas quanto à composição mineral, através da digestão em ácido nitroperclórico, segundo o método INCT-CA M-004/1, descrito por Detmann *et al.* (2012), obtendo-se, desta forma, a solução mineral, a partir da qual foram feitas diluições para quantificação dos minerais. Os minerais foram determinados através de espectrometria de absorção atômica (GBC Avanta Sigma, Hampshire, EUA) (Método 968.08; AOAC, 2000). No entanto, as concentrações de Na e K, foram determinadas por espectrometria de emissão de chama (Corning 400, NY, EUA) (Método 985.35, AOAC, 2000). O fósforo foi determinado por redução do complexo fósforo-molibdato, com ácido ascórbico, e as leituras foram tomadas em espectrofotômetro colorímetro (Método 965.17, AOAC, 2000).

A quantidade dos minerais retidos no corpo dos animais foi determinada pela diferença na quantidade do mineral no PCVZi e no PCVZ ao abate. As exigências líquidas para manutenção foram calculadas pela regressão do mineral retido em função do mineral consumido, conforme o modelo a seguir proposto por Lofgreen e Garrett (1968):

$$MR = \beta_0 + \beta_1 \times MC \quad (1)$$

em que: MR = mineral retido (g ou mg/kg PCVZ^{0,75}/dia); MC = mineral consumido (g ou mg/kg PCVZ^{0,75}/dia); β_0 e β_1 são parâmetros da regressão, de modo que β_0 é considerado como as exigências líquidas de cada mineral para manutenção (ELm; mg/kg PCVZ^{0,75}/dia) e β_1 é considerado como coeficiente de retenção daquele mineral.

A composição corporal de cada mineral foi estimada em função do peso de corpo vazio (PCVZ) como apresentado no modelo a seguir proposto por Brody (1945):

$$CM = a \times PCVZ^b \quad (2)$$

em que: CM = conteúdo corporal do mineral (g ou mg); PCVZ = peso de corpo vazio (kg); “a” e “b” são parâmetros da regressão.

As exigências líquidas dos minerais para ganho foram estimadas, derivando-se o modelo acima da composição corporal:

$$\text{ELGM} = \text{GPCVZ} \times (a \times b \times \text{PCVZ}^{(b-1)}) \quad (3)$$

em que: ELGM = exigências líquidas para ganho de peso de cada mineral (g ou mg/dia); “a” e “b” são parâmetros da regressão.

As exigências dietéticas de cada mineral foram calculadas pela soma das exigências de manutenção e ganho, e dividida pelo coeficiente de retenção.

Os dados foram submetidos à análise de variância, utilizando o procedimento GLM do software SAS, conforme o seguinte modelo estatístico: $Y_{ijk} = \mu + S_i + R_j + S_i \times R_j + \epsilon_{ijk}$, onde Y_{ijk} é a variável dependente ou resposta medida na unidade experimental (animal) “k” da classe sexual “i” e restrição alimentar “j”; μ é a média da população ou constante global; S_i efeito do sexo “i”; R_j efeito da restrição alimentar “j”; $S_i \times R_j$ a interação entre o efeito de sexo “i” e restrição alimentar “j”; e ϵ_{ijk} são erros aleatórios não observados. Foi utilizado o teste de Tukey-Kramer para comparar as médias, adotando-se o nível de significância de 5% de probabilidade ($P < 0,05$). O mesmo critério foi adotado para as interações entre os efeitos das classes sexuais e restrições alimentares. O efeito de classe sexual foi testado por intermédio do PROC MIXED. Os parâmetros dos modelos lineares foram estimados utilizando o PROC MIXED do SAS (versão 9.3). Os parâmetros dos modelos alométricos foram gerados por intermédio do PROC NLIN (SAS 9.3), adotando-se como nível crítico de significância P igual a 0,05. Foram considerados *outliers*, valores com resíduo de Tukey-Kramer superior a dois desvios padrão em relação ao valor estimado.

4.6 Resultados e discussão

Os parâmetros peso corporal final (PCf), peso de corpo vazio (PCVZ), ganho médio diário (GMD) e Mg, Co e Fe na composição final do PCVZ reduziram com o aumento no nível de restrição alimentar ($P < 0,05$; Tabela 3).

Tabela 3 – Parâmetros corporais e composição dos minerais no peso de corpo vazio em ovinos machos não castrados e castrados da raça Morada Nova.

Item	NA			CS		SEM	NAxCS	P - valor	
	0%	30%	60%	NC	C			NA	CS
PCi (kg)	14,94	14,70	14,38	14,36	14,69	0,49	0,1891	0,8104	0,4405
PCf (kg)	31,44 ^a	26,17 ^b	18,50 ^c	27,40 ^A	23,34 ^B	0,90	0,1559	< 0,001	< 0,001
PCVZ (kg)	24,66 ^a	20,07 ^b	13,94 ^c	21,02 ^A	18,10 ^B	0,66	0,1391	< 0,001	< 0,001
GMD (g/dia)	139,1 ^a	93,4 ^b	33,7 ^c	107,0 ^A	71,0 ^B	0,007	0,2914	< 0,001	< 0,001
Macros (g/PCVZ)									
Ca	11,00	11,18	10,36	11,06	10,64	0,74	0,5855	0,5272	0,5144
P	8,11	7,46	7,83	8,01	7,59	0,34	0,8217	0,2168	0,1593
Mg	0,56 ^a	0,51 ^{ab}	0,39 ^b	0,49	0,48	0,05	0,9531	0,0189	0,7586
Na	1,41	1,44	1,41	1,44	1,41	0,02	0,7824	0,3462	0,1405
K	1,89	1,96	1,95	1,93	1,94	0,06	0,3076	0,4289	0,8892
Micros (mg/PCVZ)									
Co	1,91 ^a	0,72 ^b	0,78 ^b	1,04	1,23	0,23	0,5874	< 0,001	0,3323
Fe	139,4 ^a	101,9 ^b	96,5 ^b	117,0	108,1	10,35	0,2445	0,0020	0,3192
Mn	2,21	1,71	1,48	1,86	1,74	0,32	0,4667	0,1158	0,6698
Zn	42,02	44,96	43,14	44,50	42,24	2,00	0,3398	0,3803	0,1971

NA = nível de alimentação, CS = classe sexual, PC = peso corporal, NC = não castrado, C = castrado, PCi = Peso corporal inicial, PCf = Peso corporal final, PCVZ = peso de corpo vazio, GMD = ganho médio diário

^{abc} - Médias seguidas por diferentes letras no nível de alimentação diferem entre si pelo teste de Tukey-Kramer (P<0,05)

^{AB} - Médias seguidas por diferentes letras na classe sexual diferem entre si pelo teste de Tukey-Kramer (P<0,05)

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

A influência da classe sexual e as exigências de microminerais não foram averiguadas nos estudos de Pereira *et al.* (2016) e Gonzaga Neto *et al.* (2005), existentes com exigências de minerais para ovinos Morada Nova. No entanto, os resultados do presente estudo indicam que a classe sexual exerceu efeito sobre os parâmetros corporais, bem como sobre o consumo de matéria seca e de minerais, exigências líquidas de P e Cu para manutenção e coeficiente de retenção de Ca, Na e K, portanto não pode ser negligenciada. Animais não castrados apresentaram maior PCf, PCVZ e GMD (P<0,05) em relação aos animais castrados.

Os maiores valores de PCf, PCVZ e GMD para os animais não castrados podem ser atribuídos às mudanças na deposição dos tecidos corporais, em função da ação de esteróides. Segundo Guiry *et al.* (2002) os hormônios da reprodução estimulam a deposição muscular e reduzem a deposição de gordura. A redução nos valores de Mg, Co e Fe na composição final do PCVZ em função do aumento na restrição alimentar pode estar relacionada à redução do peso relativo do fígado (PEREIRA *et al.*, 2017), visto que esses minerais estão associados ao metabolismo e armazenamento nesse órgão (McDOWELL, 1992).

Houve interação entre o nível de restrição alimentar e a classe sexual (P<0,05) para Cu na composição final do PCVZ (Tabela 4). Os animais não castrados com 30 e 60%

de restrição e os castrados com *ad libitum* apresentaram maiores valores ($P < 0,05$) de cobre na composição final do PCVZ. Segundo Vêras *et al.* (2001), o aumento da restrição alimentar pode resultar na alteração dos constituintes, portanto como o cobre é armazenado principalmente no fígado e o peso relativo desse foi reduzido, ocorreu um aumento na proporção desse mineral na composição corporal do PCVZ.

Tabela 4 – Interação entre nível de alimentação e classe sexual para cobre na composição do PCVZ em ovinos machos não castrados e castrados da raça Morada Nova

Item	Não Castrado			Castrado		
	0%	30%	60%	0%	30%	60%
Cu (mg/PCVZ)	8,14 ^{beB}	13,88 ^{adA}	9,70 ^{adeAB}	10,60 ^{adAB}	7,54 ^{beB}	5,89 ^{beB}

^{ab}- Médias seguidas por diferentes letras no mesmo nível de alimentação e diferente sexo diferem entre si pelo teste de Tukey-Kramer ($P < 0,05$)

^{def}- Médias seguidas por diferentes letras no mesmo sexo e diferente nível de alimentação diferem entre si pelo teste de Tukey-Kramer ($P < 0,05$)

^{AB}- Médias seguidas por diferentes letras maiúscula na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey-Kramer ($P < 0,05$)

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

O aumento da restrição alimentar reduziu o consumo de matéria seca e dos minerais ($P < 0,05$; Tabela 5). Animais não castrados apresentaram maior consumo de matéria seca e de minerais ($P < 0,05$). Segundo Bailey e Duff (2005), machos não castrados apresentariam maior consumo absoluto de matéria seca em comparação a machos castrados, em virtude do maior peso corporal, porém, consumiriam menos por unidade de peso vivo ou peso metabólico, o que resultaria em melhor conversão alimentar, fato que não ocorreu no nosso estudo, visto que os animais não castrados tiveram maior consumo.

Tabela 5 – Consumo de matéria seca e minerais de ovinos machos não castrados e castrados da raça Morada Nova submetidos a diferentes níveis de alimentação

Item	Nível de Alimentação			Classe Sexual			P - valor		
	0%	30%	60%	NC	C	SEM	NAxCS	NA	CS
CMS (g/dia)	855,3 ^a	657,2 ^b	377,2 ^c	665,6 ^A	594,2 ^B	29,27	0,7185	< 0,001	0,009
Macros (g/dia)									
Ca	4,92 ^a	3,61 ^b	2,07 ^c	3,72 ^A	3,34 ^B	0,16	0,7203	< 0,001	0,0107
P	2,29 ^a	1,75 ^b	1,00 ^c	1,76 ^A	1,60 ^B	0,07	0,7816	< 0,001	0,0095
Mg	2,05 ^a	1,50 ^b	0,86 ^c	1,58 ^A	1,37 ^B	0,06	0,1277	< 0,001	0,0008
Na	5,19 ^a	3,91 ^b	2,24 ^c	3,93 ^A	3,63 ^B	0,16	0,7766	< 0,001	0,0413
K	13,07 ^a	10,58 ^b	6,07 ^c	10,39 ^A	9,43 ^B	0,37	0,7859	< 0,001	0,0063
Micros (mg/dia)									
Co	1,60 ^a	1,41 ^a	0,81 ^b	1,28	1,27	0,09	0,0768	< 0,001	0,8685
Cu	9,07 ^a	6,88 ^b	3,95 ^c	6,97 ^A	6,30 ^B	0,28	0,7889	< 0,001	0,0115
Fe	67,96 ^a	53,99 ^b	30,99 ^c	54,10 ^A	47,85 ^B	2,07	0,4214	< 0,001	0,0022
Mn	57,98 ^a	44,74 ^b	25,68 ^c	44,94 ^A	40,66 ^B	1,75	0,7922	< 0,001	0,0098
Zn	40,59 ^a	30,90 ^b	17,74 ^c	31,24 ^A	28,24 ^B	1,22	0,7760	< 0,001	0,0092

NA = nível de alimentação, CS = classe sexual, CMS = consumo de matéria seca

abc- Médias seguidas por diferentes letras no nível de alimentação diferem entre si pelo teste de Tukey-Kramer ($P < 0,05$)

AB- Médias seguidas por diferentes letras maiúscula na classe sexual diferem entre si pelo teste de Tukey-Kramer ($P < 0,05$)

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

As equações de regressão geradas para estimar as exigências líquidas de manutenção diferiram ($P < 0,05$) entre animais não castrados e castrados para Ca, P, Na, K e Cu. Portanto, diferentes equações foram geradas para esses minerais (Tabela 6). Os animais castrados apresentam maior exigência líquida de manutenção para P e Cu e menor coeficiente de retenção para Ca, Na e K, em relação aos animais não castrados. Os maiores coeficientes de retenção de Ca, Na e K para os ovinos não castrados estão relacionados ao fato desses animais depositarem mais tecido muscular, resultado de diferenças na curva de crescimento (PEREIRA *et al.*, 2017). No entanto, os ovinos castrados apresentaram maiores exigências de P e Cu para manutenção podendo ser atribuídas à essencialidade desses minerais para o metabolismo dos lipídeos (NRC, 2007; ENGLE *et al.*, 2000). Animais castrados tendem a acumular gordura na carcaça mais precocemente em relação aos não castrados, uma vez que o tecido adiposo apresenta baixas concentrações de minerais em relação ao tecido muscular (MARCONDES *et al.*, 2009; PAULINO *et al.*, 1999). A exigência de Co para manutenção não foi estabelecida na literatura e nessa pesquisa foi estimada em 0,09 mg/dia.

As exigências líquidas de minerais para manutenção, obtidas no presente estudo, para um ovino com 30 kg de peso corporal foram superiores às relatadas pelos comitês internacionais NRC (2007) 0,70; 0,74; 0,09 e 0,31 g /dia de Ca, P, Mg e Na, respectivamente, e 1,20; 0,42; 0,06 e 2,28 mg/dia de Cu, Fe, Mn e Zn, respectivamente, e INRA (2018) 0,82; 1,11; 0,32 e 0,45 g/dia de Ca, P, Mg e Na, respectivamente. O NRC (2007) estabelece as exigências de minerais para manutenção, fundamentado em equações adaptadas de outros comitês derivadas a partir das perdas endógenas fecais.

Tabela 6 – Equações de regressão para estimativa da exigência líquida de minerais para manutenção de ovinos machos não castrados e castrados da raça Morada Nova - continua

Equações	R ²	RMSE	ELm	
			g/kg PCVZ/dia	g/kg PC/dia
Macrominerais (g/kg PCVZ^{0.75}/dia)				
Ca Não castrado = 0,7498 x CaCons - 0,137	0,87	0,1	0,22	0,17
Ca Castrado = 0,5780 x CaCons - 0,137			0,22	0,17
P Não castrado = 0,9568 x PCons - 0,066	0,88	0,02	0,13	0,10
P Castrado = 0,9568 x PCons - 0,114			0,20	0,15
Mg = 0,1165 x MgCons - 0,015	0,70	0,003	0,04	0,03
Na Não castrado = 0,0899 x NaCons - 0,018	0,95	0,002	0,04	0,03
Na Castrado = 0,0689 x NaCons - 0,018			0,04	0,03
K Não castrado = 0,0454 x KCons - 0,023	0,87	0,005	0,05	0,04
K Castrado = 0,0374 x KCons - 0,023			0,05	0,04
Microminerais (mg/kg PCVZ^{0.75}/dia)				
Co = 0,3996 x CoCons - 0,060	0,51	0,01	0,12	0,09
Cu Não castrado = 0,3494 x CuCons - 0,135	0,57	0,06	0,22	0,17
Cu Castrado = 0,3494 x CuCons - 0,234			0,33	0,26
Fe = 0,6118 x FeCons - 2,802	0,64	0,68	2,16	1,66

Tabela 6 – Equações de regressão para estimativa da exigência líquida de minerais para manutenção de ovinos machos não castrados e castrados da raça Morada Nova

Equações	R ²	RMSE	ELm	
Mn = 0,010 x MnCons - 0,030	0,49	0,01	0,07	0,05
Zn = 0,2293 x ZnCons - 0,345	0,87	0,09	0,45	0,34

PCVZ = peso de corpo vazio, PC = peso corporal

Conversão do PCVZ para PC (PCVZ = 77,3% do PC).

Cons=Consumido

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

Não houve efeito ($P > 0,05$) da classe sexual sobre as equações para estimativa da composição corporal e exigências líquidas de minerais para ganho; assim, para ambas as classes sexuais, uma equação única foi gerada (Tabela 7). O expoente positivo das equações de exigências líquidas de minerais para ganho indicou aumento da exigência de minerais em função do crescimento dos animais.

Tabela 7 – Equações para estimativa da composição corporal e exigência líquida para ganho de ovinos machos não castrados e castrados da raça Morada Nova

Equações	R ²	RMSE	P valor	Peso Corporal (PC) (kg)			Equações para exigências líquidas para ganho
				10	20	30	
PCVZ (kg)				7,73	15,46	23,19	
Macrominerais (g/kg PCVZ)							
Ca = 5,84 x PCVZ ^{1,31}	0,91	30,32	0,05	11,00	13,64	15,47	Ca = GPCVZ*(7,65*PCVZ ^{0,31})
P = 4,72 x PCVZ ^{1,27}	0,93	19,84	0,05	8,19	9,88	11,02	P = GPCVZ*(5,99*PCVZ ^{0,27})
Mg = 0,02 x PCVZ ^{2,05}	0,85	2,78	0,002	0,17	0,35	0,54	Mg = GPCVZ*(0,041*PCVZ ^{1,05})
Na = 1,20 x PCVZ ^{1,16}	0,97	1,93	0,03	1,66	1,85	1,98	Na = GPCVZ*(1,39*PCVZ ^{0,16})
K = 1,77 x PCVZ ^{1,13}	0,93	3,81	0,04	2,30	2,52	2,66	K = GPCVZ*(2,00*PCVZ ^{0,13})
Microminerais (mg/kg PCVZ)							
Co = 0,007 x PCVZ ^{2,71}	0,57	4,24	0,15	0,23	0,75	1,51	Co = GPCVZ*(0,018*PCVZ ^{1,71})
Cu = 5,98 x PCVZ ^{1,16}	0,44	62,18	0,19	8,29	9,26	9,88	Cu = GPCVZ*(5,98*PCVZ ^{0,16})
Fe = 10,72 x PCVZ ^{1,79}	0,85	11,89	0,07	53,93	93,25	128,46	Fe = GPCVZ*(19,18*PCVZ ^{0,79})
Mn = 0,06 x PCVZ ^{2,14}	0,65	4,36	0,04	0,61	1,36	2,16	Mn = GPCVZ*(0,128*PCVZ ^{1,14})
Zn = 28,03 x PCVZ ^{1,16}	0,92	73,71	0,05	38,88	43,44	46,35	Zn = GPCVZ*(32,51*PCVZ ^{0,16})

PCVZ = peso de corpo vazio

Conversão do PCVZ para PC (PCVZ = 77,3% do PC).

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

A exigência líquida de macrominerais aumentou com o aumento do peso corporal e do ganho médio diário (Tabela 8).

Tabela 8 – Exigências líquidas de macrominerais para ganho e dietética de ovinos machos não castrados e castrados da raça Morada Nova

PC (kg)	GMD (g/dia)	Ca NC	Ca C	P NC	P C	Mg	Na NC	Na C	K NC	K C
		Ganho (g/dia)								
10	100	1,21	-	0,88	-	0,03	0,16	-	0,22	-
	200	2,43	-	1,75	-	0,06	0,33	-	0,44	-
20	100	1,51	-	1,06	-	0,06	0,18	-	0,24	-
	200	3,01	-	2,11	-	0,12	0,36	-	0,48	-
30	100	1,71	-	1,18	-	0,09	0,19	-	0,25	-
	200	3,42	-	2,36	-	0,19	0,39	-	0,51	-
		Dietética (g/dia)								
10	100	3,93	5,09	1,96	2,51	3,09	6,03	7,87	14,84	18,02
	200	7,86	10,19	3,92	5,02	6,19	12,07	15,75	29,69	36,04
20	100	4,32	5,60	2,15	2,70	3,36	6,25	8,15	15,30	18,57
	200	8,63	11,20	4,29	5,40	6,73	12,49	16,30	30,60	37,14
30	100	4,59	5,95	2,28	2,83	3,64	6,38	8,33	15,59	18,92
	200	9,17	11,90	4,55	5,65	7,29	12,76	16,65	31,18	37,84

PC = peso corporal, PCVZ = peso de corpo vazio, GMD = ganho médio diário, NC = não castrado, C = castrado.

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

Os machos castrados apresentaram exigência dietética com valores de 23; 22; 23; 18 e 27% maiores para Ca, P, Na, K e Cu, respectivamente, em relação aos machos não castrados. As exigências líquidas de minerais para ganho, estabelecidas no nosso estudo, a um ovino com 20 kg de peso corporal e ganho médio diário de 200g excederam as recomendações estabelecidas por Gonzaga Neto *et al.* (2005) (2,5 g/dia Ca, 1,48 g/dia P, 0,11 g/dia Mg e 0,29 g/dia Na) e Pereira *et al.* (2016) (1,44 g/dia Ca, 1,00 g/dia P, 0,055 g/dia Mg, 0,34 g/dia Na e 0,28 g/dia K), ambos os trabalhos com ovinos Morada Nova.

A composição corporal e a exigência líquida de minerais para ganho aumentaram em função do aumento do peso corporal e no caso da exigência em função do aumento no ganho médio diário, sugerindo que os animais ainda estavam em crescimento. Comportamento semelhante a este estudo foi encontrado por Gonzaga Neto *et al.* (2005). A exigência líquida de microminerais para ganho aumentou de 0,09-0,65 g Co/dia, 1,40-1,67 g Cu/dia, 16,21-38,61 g Fe/dia, 0,22-0,77 g Mn/dia e 7,60-9,07 g Zn/dia com o acréscimo do peso corporal de 10-30 kg (Tabela 9).

Tabela 9 – Exigências líquidas de microminerais para ganho e dietética de ovinos machos não castrados e castrados da raça Morada Nova

PC (kg)	GMD (g/dia)	Co	Cu NC	Cu C	Fe	Mn	Zn
		Ganho (g/dia)					
10	100	0,05	0,70	-	8,10	0,11	3,80
	200	0,09	1,40	-	16,21	0,22	7,60
20	100	0,16	0,78	-	14,01	0,24	4,25
	200	0,32	1,56	-	28,03	0,49	8,50
30	100	0,33	0,83	-	19,30	0,39	4,53
	200	0,65	1,67	-	38,61	0,77	9,07
		Dietética (g/dia)					
10	100	2,45	6,88	9,46	40,46	66,85	31,70
	200	4,93	13,77	18,92	80,92	133,69	63,40
20	100	2,75	7,12	9,69	50,12	80,14	33,64
	200	5,49	14,24	19,39	100,24	160,28	67,29
30	100	3,15	7,27	9,84	58,77	94,44	34,88
	200	6,31	14,54	19,69	117,54	188,89	69,77

PC = peso corporal, PCVZ = peso de corpo vazio, GMD = ganho médio diário, NC = não castrado, C = castrado. Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

As divergências encontradas entre os dados para as exigências líquidas de minerais para ganho, estabelecidas na nossa pesquisa e nos outros estudos brasileiros de Gonzaga Neto *et al.* (2005) e Pereira *et al.* (2016) com a raça Morada Nova, podem ser atribuídas aos diversos fatores que podem alterar as exigências. Idade, peso, forma química do elemento, interação com outros minerais e consumo mineral, bem como a composição química dos solos e classe sexual são fatores que podem alterar as exigências de minerais (ZHANG *et al.*, 2015; TEIXEIRA *et al.*, 2013; MENDES *et al.*, 2010). Durante o desenvolvimento, os tecidos corporais não crescem de maneira uniforme e as exigências de minerais para ruminantes mudam em função das alterações que ocorrem nos tecidos (SUTTLE, 2010).

Os microminerais exercem diversas funções essenciais ao organismo, assim deficit ou excesso podem resultar em alterações que comprometem a produção animal (PEREIRA FILHO *et al.*, 2008; NRC, 2007; MESCHY, 2000).

4.7 Conclusão

A composição corporal e exigência de minerais para ganho variam com o ganho médio diário e com o peso corporal. A classe sexual influencia as exigências líquidas de minerais para manutenção e coeficiente de retenção. Animais castrados apresentam maior exigência líquida de P e Cu para manutenção e menor coeficiente de retenção para Ca, Na e K.

As exigências de minerais para ovinos deslanados da raça Morada Nova são superiores as recomendações internacionais. Nenhum outro estudo avaliou a influência da classe sexual sobre as exigências de minerais para ovinos deslanados Morada Nova. Portanto, a condução de mais estudos com a raça pode maximizar a utilização dos dados.

5 CONCLUSÃO

As exigências de minerais para ovinos deslanados das raças Santa Inês e Morada Nova, encontradas no presente estudo, diferem das recomendações preconizadas pelos comitês internacionais.

As exigências líquidas de minerais para manutenção e ganho foram superiores para os ovinos deslanados, da raça Morada Nova, em relação aos ovinos deslanados da raça Santa Inês. A classe sexual influencia as exigências líquidas de minerais para ganho da raça Santa Inês e as exigências líquidas para manutenção e coeficiente de retenção em ovinos deslanados da raça Morada Nova.

REFERÊNCIAS

- ABOU-ZEINA, H. A. A.; ZAGHAWA, A. A.; NARS, S. M.; KESHTA, H. G. E. Effects of dietary cobalt deficiency on performance, blood and rumen metabolites and liver pathology in sheep. **Global Veterinaria**. [s.l.]. v. 2, n. 4, p. 182-191, 2008.
- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL - AFRC. **Technical committee on responses to nutrients. A reappraisal of the calcium and phosphorus requirements of sheep and cattle**. Report 6. Nutrition Abstracts and Reviews. Série B, v. 61, n. 9, p. 573-612, 1991.
- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL – ARC. **The Nutrient Requirement of Ruminant Livestock**. Commonwealth Agricultural Bureaux, Slough, UK, 1980.
- ALLEN, J.G.; MASTERS, H.G.; PEET, R.L. Zinc Toxicity In Ruminants. **Journal Comparative Pathology**, [s.l.], v.93, n.1, p.363-377, 1983.
- ALMEIDA FILHO, S. L.D. E. **Minerais para ruminantes**. EDUFU, Uberlândia, MG, 2016. 138p.
- ARAÚJO, T. L. A. C.; PEREIRA, E. S.; MIZUBUTI, I. Y.; CAMPOS, A. C. N.; PEREIRA, M. W. F.; HEINZEN, E. L.; MAGALHÃES, H. C. R.; BEZERRA, L. R.; SILVA, L. P.; OLIVEIRA, R. L. Effects of quantitative feed restriction and sex on carcass traits, meat quality and meat lipid profile of Morada Nova lambs. **Journal of Animal Science and Biotechnology**. [s.l.] v. 8, p. 1-12, 2017.
- ARORA, S. P., HATFIELD, E. E., GARRIGUS, U. S., LOHMAN, T. G., DOANE, B. B. Zinc-65 uptake by rumen tissue. **The Journal of Nutrition**. [s.l.] v. 97, n. 1, p. 25-28, 1969.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis of AOAC international**. 14.ed. Washington, DC, 1990.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis**. 17th ed., Gaithersburg, MD, 2000.
- BAILEY, C.R.; DUFF, G.C. Protein requirements for finishing beef cattle. In: SOUTHWEST NUTRITION CONFERENCE, Tucson. **Proceedings...** Tucson: The University of Arizona,
- BASSLER, K. H. Enzymatic effects of folic acid and vitamin B12. **International Journal of Vitamin and Nutrition Research**. [s.l.]. v. 67, p. 385–388, 1997.
- BEEDE, D.K. **Mineral and water nutrition in dairy nutrition management**. Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract., Philadelphia, v. 7, n. 2, p. 373-390, 1991
- BERCHIELLI, Telma Teresinha; PIRES, Alexandre Vaz; OLIVEIRA, SG de. **Nutrição de ruminantes**. [s.l.], p. 583, 2006.
- BRAITHWAITE, G. D. Calcium and phosphorus metabolism in ruminants with special reference to parturient paresis. **Journal of Dairy Research**. [s.l.] v. 43, n. 3, 1976. p. 501-520.

BRODY S. **Bioenergetics and Growth with special reference to the efficiency complex in domestic animals**. Reinhold Publishing Corporation, New York, USA, 1945. 1023p

BRODY, Tom. **Nutritional biochemistry**. Elsevier, 1999, 1006p.

CARVALHO, F.A.N.; BARBOSA, F.A.; MCDOWELL, L.R. **Nutrição de Bovinos a Pasto**. 1ª ed., Belo Horizonte: PapelForm, 2003. 428p.

CASTELO BRANCO, Karoliny Farias. **Impacto da restrição alimentar sobre os parâmetros biométricos, hormonais e metabólicos de ovinos Santa Inês**. 2015. 52 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

CASTRO, M. M. D.; SILVA, A. L.; COSTA E SILVA, L. F.; ROTTA, P. P.; ENGLE, T. E.; MARCONDES, M. I. Determination of macromineral requirements for preweaned dairy calves in tropical conditions. **Journal of Dairy Science**. [s.l.] v. 102, p. 01-12, 2019.

CHEW, B.P. Micronutrients play role in stress, production in dairy cattle. **Feedstuffs**.v.72, n.24, p.11-18, 2000.

CHIZZOTTI, M. L.; VALADARES FILHO, S. C.; TEDESCHI, L. O.; RODRIGUES PAULINO, P. V.; PAULINO, M. F.; DINIZ VALADARES, R. F.; AMARAL, P.; BENEDETI, P. D. B.; RODRIGUES, T. I.; FONSECA, M. A. Net requirements of calcium, magnesium, sodium, phosphorus, and potassium for growth of Nellore × Red Angus bulls, steers, and heifers. **Livestock Science**. v. 124, p. 242–247, 2009.

COSTA, M.R.G.F.; PEREIRA, E.S.; SILVA, A.M.A.; PAULINO, P. V. R.; MIZUBUTI, I.Y.; PIMENTEL, P. G.; PINTO, A.P.; ROCHA JUNIOR, J.N. Body composition and net energy and protein requirements of Morada Nova lambs. **Small Ruminant Research**, 114, 206–213, 2013.

COUSINS, R. J.; HEMPE, J. M. Zinc: present knowledge in nutrition. **ILSI. Press**. Washington, DC, 1996.

CSIRO. **Nutrient Requirements of Domesticated Ruminants**. CSIRO Publishing, Collingwood, Australia, 2007.

DETMANN, E.; SOUZA, M. D.; VALADARES FILHO, S. C.; QUEIROZ, A. D.; BERCHIELLI, T. T.; SALIBA, E. O. S.; AZEVEDO, J. A. G. **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 2012. 214p

DIAS, R.S.; LÓPEZ, S.; PATIÑO, R.M.; SILVA, T.S.; SILVA FILHO, J.C.; VITTI, D.M.; An extended model of phosphorus metabolism in growing ruminants. **Journal Animal Science**, v. 89, n. 12, p. 4151-4162, 2011.

DROKE, E. A., SPEARS, J. W., ARMSTRONG, J. D., KEGLEY, E. B., SIMPSON, R. B. Dietary zinc affects serum concentrations of insulin and insulin-like growth factor I in growing lambs. **The Journal of Nutrition**, v. 123, n. 1, p. 13-19, 1993.

ENGLE, T. E.; SPEARS, J. W. Effects of dietary copper concentration and source on performance and copper status of growing and finishing steers. **Journal of Animal Science**. [s.l.] v. 78, n. 9, p. 2446-2451, 2000.

ENGLE, T.E.; SPEARS, J.W.; ARMSTRONG, T.A.; WRIGTH C.L.; ODLE J. Effects of dietary copper source and concentration on carcass characteristics and lipid and cholesterol metabolism in growing and finishing steers. **Journal of Animal Science**. [s.l.]. v.78, n.4, p.1053-1059, 2000.

FEASTER, J. P.; HANSARD, S. L.; McCALL, J. T.; SKIPPER, F. H.; DAVIS, G. K. Absorption and tissue distribution of radiozinc in steers fed high-zinc rations. **Journal of Animal Science**,. [s.l.]. v. 13, n. 4, p. 781-788, 1954.

FISHER, G. E. J.; MACPHERSON, A. Effect of cobalt deficiency in the pregnant ewe on reproductive performance and lamb viability. **Research in Veterinary Science**, v. 50, n. 3, p. 319-327, 1991.

FOUDA, T. A., YOUSSEF, M. A., EL-DEEB, W. M. Correlation between zinc deficiency and immune status of sheep. **Veterinary Research (Pakistan)**, v. 4, n. 2, p. 50-55, 2011.

GALVANI, D. B.; PIRES, C. C.; KOZLOSKI, G. V.; SANCHEZ, L. M. B. Protein requirements of Texel crossbred lambs. **Small Ruminant Research**, v. 81, p. 55–62, 2009.

GARG, A. K.; MUDGAL, V.; DASS, R. S. Effect of organic zinc supplementation on growth, nutrient utilization and mineral profile in lambs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 144, p. 82–96, 2008

GEORGIEVSKII, V. I.; ANNENKOV, B. N.; SAMOKHIN, V. T. **Mineral Nutrition of Animals**. Butterworths, London, England, 1981.

GERASEEV, L. C.; PEREZ, J. R. O.; DOS SANTOS, C. L.; DE RESENDE, K. T.; BONAGURIO, S. Composição corporal e exigências nutricionais em cálcio e fósforo para o ganho e manutenção de cordeiros Santa Inês dos 25 aos 35 Kg de peso vivo. In: **Boletim de Indústria Animal**, v. 56, n. 1, p. 75-84, 1999.

GIONBELLI, M.P.; MARCONDES, M.I.; VALADARES FILHO, S.C.; PRADOS, L.F. Exigências nutricionais de minerais para bovinos de corte. In: VALADARES FILHO, S.C.; MARCONDES, M.I.; CHIZZOTTI, M.L. *et al.* **Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados**. BRCORTE 2 ed. Viçosa:UFV, 2010. 193p.

GONZAGA NETO, S.; SILVA SOBRINHO, A.; RESENDE, K. T.; ZEOLA, N. M. B. L.; SILVA, A. M. A.; MARQUES, C. A. T.; LEÃO, A. G. Composição corporal e exigências nutricionais de proteína e energia para cordeiros Morada Nova. In: **Revista Brasileira de Zootecnia** v. 34, p. 2446–2456, 2005.

GOULARTE, Sandra Regina. **Exigências nutricionais de macro e microminerais em fêmeas ovinas mestiças lanadas confinadas**. 2014. 82 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2014.

GRACE, N.D. Amounts and distribution of mineral elements associated with fleece-free empty body weight gains in the grazing sheep. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 26, p. 59–70, 1983.

GRAHAM, T. W. Trace element deficiencies in cattle. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**. v.7, p.153-215, 1991.

GREEN, L. E.; GRAHAM, M.; MORGAN, K. L. Preliminary study of the effect of iron dextran on a non-regenerative anaemia of housed lambs. **Veterinary record**, v. 140, n. 9, p. 219-222, 1997.

GUEDES, Luciana Freitas. **Composição corporal de minerais em ovelhas gestantes da raça Santa Inês**. 2012. 105 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

GUIROY P. J.; TEDESCHI L. O.; FOX D. G.; HUTCHESON J. P. The effects of implant strategy on finished body weight of beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 80, p. 1791–800, 2002.

HAY L.A.; SUTTLE N.F. Urolithiasis, **Diseases of Sheep**. Blackwell Scientific Publications, In: Jensen R. (Ed.), Oxford, p.250-253, 1986.

HERDT, T.H.; HOFF, B. The Use of Blood Analysis to Evaluate Trace Mineral Status in Ruminant. **Livestock Veterinary Clinical Food Animal**, v.27, n.1, p.255–283, 2011.

HIBBS, J. W.; GALE, C.; CONRAD, H. R. Further studies on anemia in newborn dairy calves. In: **Journal of Dairy Science**. 1111 N DUNLAP AVE, SAVOY, IL 61874: AMER DAIRY SCIENCE ASSOC, p. 1184,1961.

HIDIROGLOU, M.; HO, S.K.; STANDISH, J.F. Effects of dietary manganese levels on reproductive performance of ewes and on tissue mineral composition of ewes and day-old lambs. **Canadian Journal of Animal Science**, v.58, n.1, p.35-41, 1979.

HOWELL, J. McC; DAVISON, A. N. The copper content and cytochrome oxidase activity of tissues from normal and swayback lambs. **Biochemical Journal**, v. 72, n. 2, p. 365, 1959.

HUMANN-ZIEHANK, E.; COENEN, M.; GANTER, M.; BICKHARDT, K. Long-term observation of subclinical chronic copper poisoning in two sheep breeds. **Journal of Veterinary Medicine Series A**, v. 48, n. 7, p. 429-439, 2001.

IRSHAD, A.; KANDEEPAN, G.; KUMAR, S.; KUMAR, A. A.; VISHNURAJ, M. R.; SHUKLA, V. Factors influencing carcass composition of livestock: a review. **Journal of Animal Production Advances**, v. 3, p. 177–186, 2013.

KENNEDY, D. G.; KENNEDY, S.; BLANCHFLOWER, W. J.; SCOTT, J. M.; WEIR, D. G.; MOLLOY, A. M.; YOUNG, P. B. Cobalt-vitamin B 12 deficiency causes accumulation of odd-numbered, branched-chain fatty acids in the tissues of sheep. **British Journal of Nutrition**, v. 71, n. 1, p. 67-76, 1994.

LASSITER, J.W; MORTON, J.D. Effects of a low manganese diet on certain ovine

characteristics. **Journal of Animal Science**. v. 27, p. 776–779, 1968.

LAWRENCE, T.; FOWLER, V.; NOVAKOFSKI, J. **Growth of Farm Animals**, 3rd edn. CABI, Oxfordshire, UK, 2012.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v. 57, p. 347–358, 1996.

LOFGREEN, G.P.; GARRETT, W.N. A system for expressing net energy requirements and feed values for growing and finishing beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 27, p. 793–806, 1968.

MALECKI, E. A.; RADZANOWSKI, G. M.; RADZANOWSKI, T. J.; GALLAHER, D. D.; GREGER, J. L. Biliary manganese excretion in conscious rats is affected by acute and chronic manganese intake but not by dietary fat. **The Journal of Nutrition**. 126:489-498, 1996.

MARCONDES, M. I.; VALADARES FILHO, S. C.; RODRIGUES PAULINO, P. V.; DINIZ VALADARES, R. F.; PAULINO, M. F.; NASCIMENTO, F. B.; FONSECA, M. A. Exigências nutricionais de proteína, energia e macrominerais de bovinos Nelore de três classes sexuais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p.1587–1596, 2009.

MARQUES, D.C. **Criação de bovinos**. 7.ed. Belo Horizonte: CVP Consultoria Veterinária e Publicações, 2003.

MARTIN, G.B.; WHITE C.L.; MARKEY C.M.; BLACKBERRY M.A. Effects of dietary zinc deficiency on the reproductive system of young male sheep: testicular growth and the secretion of inhibin and testosterone. **Journal of Reproduction and Fertility**, v.101, n.1, p.87-96, 1994.

McDONALD, P.; EDWARDS R.A.; GREENHALGH, J.F.D.; MORGAN, C. A.; SINCLAIR, L. A.; WILKINSON, R.G. **Animal Nutrition**. 7th ed. Pearson: Edinburgh, 2010. 693p

McDOWELL, L. R. **Minerals in animal and human nutrition**. 2nd ed. Elsevier, Amsterdam, the Netherlands, 2003.

McDOWELL, L.R. **Minerals in Animal and Human Nutrition**, London: Academic Press, 524p, 1992.

MELO, P. G. C. F.; ZUNDT, M.; GRECCO, F. C. A. R.; LIMA, L. D.; LUDOVICO, A.; SANTOS, M. D.; PATELLI, T. H. C.; CUNHA FILHO, L. F. C. O efeito da suplementação com zinco orgânico no ganho de peso de borregas Texel em crescimento. **Colloquium Agrariae**, v.11, n.1, p.23-32, 2015.

MENDES, R. S.; SILVA, A. M. A.; SILVA, G. L. S.; NÓBREGA, G. H.; LÔBO, K. M.; PEREIRA FILHO, J. M. Net requirements of zinc, copper and iron to grazing lambs in semiarid. **Acta Scientiarum Animal Science**, v. 32, n. 3, p. 279–284, 2010.

MESCHY, Y. F. Recent progress in the assessment of mineral requirements of goats. **Livestock Production Science**. v. 64, p. 9–14, 2000.

MILLER, William Jack. Dynamics of absorption rates, endogenous excretion, tissue turnover, and homeostatic control mechanisms of zinc, cadmium, manganese, and nickel in ruminants. In: **Federation Proceedings**. 1973. p. 1915.

MILTIMORE, J. E.; MASON, J. L. Copper to molybdenum ratio and molybdenum and copper concentrations in ruminant feeds. **Canadian Journal of Animal Science**, [s.l.]. v. 51, p. 193–200, 1971.

MÖLLERBERG, L.; EHLERS, T.; JACONSSON, S. O.; JOHNSON, S.; OLSSON, I. The effect of parenteral iron supply on hematology, health, growth and meat classification in veal calves. **Acta Veterinaria Scandinavica**. [s.l.]. v. 16, n. 2, p. 197-204, 1975.

NATIONAL INSTITUTE FOR AGRICULTURAL RESEARCH- INRA. **Ruminant Nutrition: Recommended Allowances and Feed Tables**. John Libbey, Paris, França, 1989.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL –NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**, 7th revised edition. National Academies Press, Washington, DC, USA, 2000.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL –NRC. **Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids and New World Camelids**, 1st edn. National Research Council. National Academy Press, Washington, DC, 2007.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL-NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**, v. 6, 1985.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL -NRC. **Nutrients requirements of beef cattle**. 7 ed. Washington, D.C. 1996. 242p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL-NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle: 2001**. National Academies Press, 2001.

OLIVEIRA, A. P.; PEREIRA, E. S.; BIFFANI, S.; MEDEIROS, A. N.; SILVA, A. M. A.; OLIVEIRA, R. L.; MARCONDES, M. I. Meta-analysis of the energy and protein requirements of hair sheep raised in the tropical region of Brazil. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**. p. 1–9, 2017.

OLIVEIRA, A.P.; PEREIRA, E.S.; PINTO, A.P.; SILVA, A.M.A.; CARNEIRO, M.S.; MIZUBUTI, I.Y.; RIBEIRO, E.L.A.; CAMPOS, A.C.N.; GADELHA, C.R.F. Estimates of nutritional requirements and use of Small Ruminant Nutrition System model for hair sheep in semiarid conditions. **Semina Ciências Agrárias**, v. 35, p. 1985–1998, 2014.

PAULINO, M.F.; FONTES, C.A.A.; JORGE, A.M.; QUEIROZ, A. C.; SILVA, J. F. C.; GOMES JÚNIOR, P. Composição corporal e exigências de macroelementos minerais (Ca, P, Mg, Na e K) de bovinos não-castrados de quatro raças zebuínas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.3, p.634-641, 1999.

PEÇANHA, M.R.; KEBREAB, E.; FRANCE, J. An extended model of phosphorus
PEREIRA FILHO, J. M.; RESENDE, K. T.; TEIXEIRA, I. A. M. A.; SOBRINHO, A. G. S.; YAÑEZ, E. A.; FERREIRA, A. C. D. Características da carcaça alometria dos tecidos de

caprinos F1 Boer x Saanen. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 905–912, 2008.

PEREIRA, E. S., FONTENELE, R. M., SILVA, A. M. A., OLIVEIRA, R. L., FERREIRA, M. R. G., MIZUBUTI, I. Y., CARNEIRO, M. S. S.; CAMPOS, A. C. N. Body composition and net energy requirements of Brazilian Somali lambs. **Italian Journal of Animal Science**, v. 13, p. 880–886, 2014.

PEREIRA, E. S.; CARMO, A. B. R.; COSTA, M. R. G. F.; MEDEIROS, A. N.; OLIVEIRA, R. L.; PINTO, A. P.; GOMES, S. P. Mineral requirements of hair sheep in tropical climates. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 10, p. 1090-1096, 2016.

PEREIRA, E. S.; LIMA, F. W. R.; CAMPOS, A. C. N.; CARNEIRO, M. S. S.; SILVA, L. P.; PEREIRA, M. W. F.; MEDEIROS, A. N.; BEZERRA, L. R.; OLIVEIRA, R. L. Net mineral requirements for the growth and maintenance of Somali lambs. **Animal**, p. 1-7, 2018.

PEREIRA, E. S.; LIMA, F. W. R.; MARCONDES, M. I.; RODRIGUES, J. P. P.; CAMPOS, A. C. N.; SILVA, L. P.; BEZERRA, L. R.; PEREIRA, M. W. F.; OLIVEIRA, R. L. Energy and protein requirements of Santa Ines lambs a breed of hair sheep. **Animal**, p. 1-10, 2017.

PEREIRA, E. S.; PEREIRA, M. W. F.; MARCONDES, M. I.; MEDEIROS A. N.; OLIVEIRA, R. L.; SILVA, L. P.; MIZUBUTI, I. Y.; CAMPOS, A. C. N.; HEINZEN, E. L.; VERAS, A. S. C.; BEZERRA, L. R.; ARAÚJO, T. L. A. C. Maintenance and growth requirements in male and female hair lambs. **Small Ruminant Research**, v. 59, p. 75-83, 2017.

PEREIRA, E.S.; FONTENELE, R.M.; SILVA, A.M.A.; OLIVEIRA, R.L.; FERREIRA, M.R.G.; MIZUBUTI, I.Y.; CARNEIRO, M.S.S.; CAMPOS, A.C.N. Body composition and net energy requirements of Brazilian Somali lambs. **Italian Journal of Animal Science**, v. 13, p. 880–886, 2014.

PIRES, C.C.; SILVA, L. F.; SCHLICK, F. E.; GUERRA, D. P.; BISCAINO, G.; CARNEIRO, R. M. Cria e terminação de cordeiros confinados. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v.30, n.5, p.875-880, 2000.

PORTILHO, F.P.; VITTI, D. M.; ALDALLA, A. L. Minimum phosphorus requirement for Santa Ines lambs reared under tropical conditions. **Small Ruminant Research**. v. 63, p. 170-176, 2006.

PROHASKA, J. R. *In Trace Elements in Man and Animals-I* (A. M. Roussel, R. A. Anderson, and R. A. Favier, eds.), p. 909, Kluwer Academic/Plenum Publishers, NY, 2000.

RESENDE, K. T.; TEIXEIRA, I. A. M. A.; FERNANDES, M. H. M. R. Metabolismo de energia. In: **Nutrição de Ruminantes**. BERCHIELLI, T.T *et al.* (Ed) JABOTICABAL: FUNEP, 2006. p.1-21.

RESENDE, K.T.; SILVA, H. G. O.; LIMA, L. D.; TEIXEIRA, I. A. M. A. Avaliação das exigências nutricionais de pequenos ruminantes pelos sistemas de alimentação recentemente publicados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, suplemento especial p.161-177, 2008.

RESENDE, T.K.; FERNANDES, M.H.M.; TEIXEIRA, I.A.M.A. Exigências nutricionais de

ovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia, GO: Sociedade Brasileira de Zootecnia/Universidade Federal de Goiás, 2005. 446p.

RODRIGUES, R. T. S.; CHIZZOTTI, M. L.; MARTINS, S. R.; SILVA, I. F.; QUEIROZ, M. A. A.; SILVA, T. S.; SILVA, A. M. A. Energy and protein requirements of non-descript breed hair lambs of different sex classes in the semiarid region of Brazil. **Tropical Animal Health Production**, v. 48, p. 87–94, 2016.

RUCKER, R. B.; CUI, C. T.; ESKOUHIE, E. H.; MITCHELL, A. E.; CLEGG, M.; URIU-HARE, J. Y.; KEEN, C. L. *In Trace Elements in Man and Animals-IO* (A. M. Roussel, R. A. Anderson, and A. E. Favier, eds.), p. 186, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, 2000.

SAENKO, E.L.; YAROPLOV, A.I.; HARRIS, E.D. The biological function of Ceruloplasmin expressed through copper binding site. **Journal of Trace Elements in Experimental Medicine**.v. 7, p. 69-88, 1994.

SANTOS NETO, J. M.; RESENDE, K. T.; TEIXEIRA, I. A. M. A.; VARGAS, J. A. C.; LIMA, A. R. C.; LEITE, R. F.; FIGUEIREDO, I. O. M.; TEDESCHI, L. O.; FERNANDES., M. H. M. R. Net macromineral requirements in male and female Saanen goats. **Journal of Animal Science**, v. 94, p. 3409–3419, 2016.

SAS Institute Inc. (2011). Base SAS® 9.3 **Procedures Guide [computer program]**.

SCHRIER, R. W. Water and sodium retention in edematous disorders: Role of vasopressin and aldosterone. **The American Journal of Medicine**, v 119, p. S47–S53, 2006.

SILVA, A.M.A.; SILVA SOBRINHO, A.G; TRINDADE, I.A.C.M.; RESENDE, K. T.; BAKKE, O. A. Net requirements of protein and energy for maintenance of wool and hair lambs in a tropical region. **Small Ruminant Research**, v.49, n.2, p.165-171, 2003.

SILVA, I. F.; RODRIGUES, R. T. S.; QUEIROZ, M. A. A.; CHIZZOTTI, M. L.; ZANETTI, M. A.; CUNHA, J. A.; BUSATO, K. C. Net requirements of calcium, phosphorus, magnesium, and sulphur for growth of non-descript breed hair lambs of different sex classes in the Brazilian semiarid conditions. **Tropical Animal Health and Production**, v. 48, p. 817-822, 2016.

SILVA, N. C. D., MARTINS, T. L. T., BORGES, I. Efeito dos microminerais na alimentação de ruminantes. **Ciência Animal**, v. 27, n. 1, p. 75-98, 2017.

SPEARS, J.W. Reevaluation of the metabolic essentiality of the minerals – Review. **Asian-Australian Journal of Animal Science**, v. 12, n.6, p. 1002-1008, 1998.

STAHL, C. H.; HAN, Y. .; RONEKER, K.R.; HOUSE, W. A.; LEI, X. G. Phytase improves iron bioavailability for hemoglobin synthesis in young pigs. **Journal of Animal Science**, v. 77, n. 8, p. 2135-2142, 1999.

SUTTLE NF. **The mineral nutrition of livestock**, 4th edition. CABI International, Wallingford, UK, 2010, 544p.

TEIXEIRA, I. A. M. A.; RESENDE, K. T.; SILVA, A. M. A.; SILVA SOBRINHO, A. G.; HARTER, C. J.; SADER, A. P. O. Mineral requirements for growth of wool and hair lambs. **Revista Brasileira de Zootecnia**. [s.l]. v. 42, n. 5, p. 347-353, 2013.

THOMAS, J.W. Metabolism of Iron and Manganese. **Journal of Dairy Science**, v.53, n.8, p.1107-1123, 1970.

UNDERWOOD, E. J.; SUTTLE, N. F. In "**The Mineral Nutrition of Livestock**". 3 ed., Midlothian, UK, 1999.

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

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

VAN SOEST. **Nutritional ecology the ruminant**. Cornell University, 2. edition, 1994. 480p.

VÉRAS, A. S. C.; VALADARES FILHO, S. C.; COELHO DA SILVA, J. F.; PAULINO, M. F.; CECON, P. R.; VALADARES, R. F. D.; FERREIRA, M. A.; LEÃO, M. I.; FONTES, M. C. S. Effect of concentrate level on the internal organs weight and gastrintestinal content of Nellore bulls. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 30, p. 1120–1126, 2001.

WANG, Z. "**Responses to High Intakes of Fe in Sheep**," Faculty of Agr., The University of Western Australia, Perth, Australia, 1994.

ZHANG, H.; NIE, H. T.; WANG, Q.; WANG, Z.Y.; ZHANG, Y.L.; GUO, R.H.; WANG, F. Trace element concentrations and distributions in the main body tissues and the net requirements for maintenance and growth of Dorper × Hu lambs. **Journal of Animal Science**, v. 93, p. 2471-2481, 2015.