



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL**

Rafael Torres de Souza Rodrigues

**DESEMPENHO E EXIGÊNCIAS DE ENERGIA E PROTEÍNA  
DE CORDEIROS SEM PADRÃO RACIAL DEFINIDO DE  
DIFERENTES CLASSES SEXUAIS**

PETROLINA – PE  
2013

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL**

Rafael Torres de Souza Rodrigues

**DESEMPENHO E EXIGÊNCIAS DE ENERGIA E PROTEÍNA  
DE CORDEIROS SEM PADRÃO RACIAL DEFINIDO DE  
DIFERENTES CLASSES SEXUAIS**

Trabalho apresentado a Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, Campus de Ciências Agrárias, como requisito da obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Orientador: Prof. Dr. Mario Luiz Chizzotti

Co-orientador: Prof. Dr. Mário Adriano Ávila Queiroz

PETROLINA – PE  
2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

R696d Rodrigues, Rafael Torres de Souza.  
Desempenho e exigências de energia e proteína de cordeiros sem padrão racial definido de diferentes classes sexuais / Rafael Torres de Souza Rodrigues--Petrolina, 2013.  
132p.: 28 cm

Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Ciências Agrárias, Petrolina-PE, 2013.

Orientador: Prof. Dr. Mario Luiz Chizzotti.  
Co-orientador: Prof. Dr. Mário Adriano Ávila Queiroz.

Referências.

1. Ovino - Alimentação e rações. 2. Cordeiros - digestibilidade. 3. Ovino - carcaça. I. Título. II. Universidade Federal do Vale do São Francisco.

CDD 636.30852

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL**

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

Rafael Torres de Souza Rodrigues

**DESEMPENHO E EXIGÊNCIAS DE ENERGIA E PROTEÍNA DE CORDEIROS SEM  
PADRÃO RACIAL DEFINIDO DE DIFERENTES CLASSES SEXUAIS**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências animal, pela Universidade Federal do Vale do São Francisco.

Prof. Dr. Mario Luiz Chizzotti – UFLA/UNIVASF  
Orientador

Prof. Dr. Gherman Garcia Leal de Araújo – Embrapa Semiárido/UNIVASF  
Avaliador Interno

Prof. Dr. Aderbal Marcos de Azevêdo Silva - UFCG  
Avaliador Externo

Petrolina, 01 de Março de 2013.

Aos meus pais Raimundo e Maria José, razões maiores desta luta.  
Ao meu avô Francisco (em memória), grande exemplo de trabalho e honestidade.

Dedico

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela presença em todos os momentos.

Aos animais, que cederam as suas vidas para a realização desta pesquisa.

À minha mãe Maria José, pelo carinho e apoio incondicional, meu maior exemplo de caráter.

Ao meu pai Raimundo, pelo apoio em todos os momentos.

As minhas irmãs Luana e Mayane, pela amizade, carinho e incentivo sempre.

À minha família (vós, tias, tios, primos, primas), pelos bons momentos passados juntos.

Ao professor Chizzotti, por mais uma oportunidade de orientação, pelo incentivo e confiança, que mesmo a distância, não mediu esforços para ajudar na conclusão deste trabalho.

Ao professor Queiroz, pelos ensinamentos, orientação, incentivo, ajuda e pelo estágio docência.

Aos componentes da banca examinadora, pelas contribuições e sugestões.

À Samara, pela amizade e ajuda durante a parte de campo do experimento. O mérito desse trabalho também é seu.

À Wasley, pela amizade 24 h por dia, desde os primórdios da graduação.

À Wilson, vulgo mano Brown, pela amizade, incentivo, apoio, e principalmente, pelas resenhas.

Aos amigos de infância Rafael, Rychardson, Neilton e Rodemberg, pela amizade sincera e verdadeira. Como dizem: Um verdadeiro amigo é como o sol, pois, não precisa aparecer todo dia pra gente saber que ele existe.

Ao professor Daniel, pelo incentivo, apoio, amizade e ajuda nos trabalhos paralelos.

Ao professor Marcelo, pela amizade, incentivo e por ter me colocado no mundo da pesquisa.

À Mila (Flor do Sertão), pela amizade, carinho e incentivo.

Ao professor Salviano, pelos ensinamentos, amizade, incentivo, força e pelo estágio docência.

À Karina (Lampiona), pela amizade sincera, ajuda oportuna na realização deste trabalho, e principalmente, por ter me apoiado durante o estágio discente na UFLA.

À Núbia, pela magnífica ajuda durante as análises laboratoriais.

À Ivonete, pelo imprescindível apoio em todas as etapas da realização deste trabalho, e principalmente, por sua amizade.

Aos amigos da faculdade Fabão, Gabi, Jack, Renatinha e Gracileide pelo incentivo e apoio.

Aos amigos da turma de mestrado 2011.1, Pati, Dani, Manera, Ton (pai), Gledson, Rodrigo e Vanessa, pelo companheirismo durante esses dois anos.

À Tiago, pela ajuda durante a realização do experimento.

Aos meus professores do mestrado, Gherman, Sandra, Flaviane, Marlon, Odilon, Matheus e Adriana, pelos valiosos ensinamentos.

À Dielson, pela ajuda e apoio durante o desengorduramento das amostras dos animais.

À Cíntia, Artenia, Jean, Bruno, Layse, Lucas, Raiane, Jackson, Danilo e a todos os estagiários que participaram deste trabalho, pela ajuda, sem vocês, esta conquista seria bem mais complicada.

À Alan, pela ajuda e amizade, principalmente, durante as “eternas” análises laboratoriais.

Aos funcionários da UNIVASF, em especial, Maciel, Zé Arlindo, Gonçalo (em memória), Cícero, Francisco, Lurdinha, Neide, Geraldo, Tonho e Dener, pela ajuda e amizade.

Aos técnicos da UNIVASF, em especial, Jarbas, Fredson, Fernanda, Guto, Dora, Valdenice e Deise, pela ajuda sempre oportuna.

À Rosangela, a mais eficiente técnica administrativa da UNIVASF, pela valiosa ajuda com a parte burocrática durante a conclusão do curso.

À UNIVASF, por mais uma oportunidade.

Ao IFET-Sertão Pernambucano, na pessoa do Rodrigo, pela ajuda imprescindível na realização deste trabalho, cedendo de forma gentil o abatedouro, a câmara fria e a sala de processamento de carnes.

Ao curtume Moderno, na pessoa do Rafael, pelo processamento das peles dos animais.

À Facepe, pela concessão do auxílio a mobilidade discente.

Ao CNPq, pelo financiamento do projeto.

À Capes, pela bolsa de mestrado.

A todos que torceram por mim.

Muito obrigado!!!

"Aceite com sabedoria o fato de que o caminho está cheio de contradições. Há momentos de alegria e desespero, confiança e falta de fé, mas vale à pena seguir adiante"

**Paulo Coelho**

## RESUMO

Determinou-se o consumo, a digestibilidade, o comportamento ingestivo, o desempenho, os rendimentos de carcaça e de componentes não carcaça (CNC) e as exigências de energia e proteína de cordeiros sem padrão racial definido (SPRD) de diferentes classes sexuais. Foram utilizados 60 animais (20 machos inteiros, 20 machos castrados e 20 fêmeas), com peso corporal médio inicial de  $18,1 \pm 0,4$  kg e cinco meses de idade. As exigências nutricionais foram estimadas por meio de um ensaio de abate comparativo, sendo os animais do grupo de abate final distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3x3, sendo três classes sexuais e três níveis de alimentação: alimentação à vontade (balanço energético positivo), restrição alimentar de 70% (nível de manutenção) e restrição alimentar de 80% do consumo à vontade (balanço energético negativo). O consumo, a digestibilidade, o comportamento ingestivo, o desempenho e os rendimentos de carcaça e CNC não foram influenciados pela classe sexual e não houve interação de classe sexual com os níveis de alimentação ( $P > 0,05$ ). Os animais submetidos à restrição alimentar apresentaram menor consumo e maior digestibilidade dos nutrientes ( $P < 0,05$ ). Os tempos gastos com alimentação e ruminação foram superiores no tratamento à vontade. Os cordeiros submetidos à restrição alimentar apresentaram maior tempo de ruminação por cada unidade de matéria seca ingerida ( $P < 0,05$ ). O desempenho e o rendimento de carcaça foram menores com a restrição alimentar ( $P < 0,05$ ). Foram observados maiores rendimentos de perna e paleta com a restrição alimentar, em detrimento dos rendimentos de costelas e lombo ( $P < 0,05$ ). A exigência de energia líquida de manutenção (ELm) não diferiu entre as classes sexuais ( $P > 0,05$ ). A exigência de ELm de cordeiros SPRD foi de 68 Kcal/kg de peso de corpo vazio metabólico ( $PCVZ^{0,75}/d$ ). As perdas endógenas de nitrogênio (PBLm) dos machos inteiros e castrados (432 e 423 mg/kg de  $PCVZ^{0,75}/d$ , respectivamente) foram superiores ( $P < 0,05$ ) ao valor estimado para as fêmeas (165 mg/kg de  $PCVZ^{0,75}/d$ ). Os coeficientes da regressão não linear entre a energia retida (ER) e o ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ) não diferiram ( $P > 0,05$ ) entre as classes sexuais. A exigência de energia líquida para o ganho (ELg) foi estimada utilizando a seguinte equação:  $ELg \text{ (Mcal/d)} = 0,29 * PCVZ^{0,75} * GPCVZ^{0,86}$ . A exigência de proteína líquida de ganho (PLg) foi estimada por meio da seguinte equação:  $PLg \text{ (g/dia)} = 224,45 * GPCVZ - 0,025 * ER$ . A classe sexual não afeta o consumo, a digestibilidade, o comportamento alimentar, o desempenho e os rendimentos de carcaça e de CNC de cordeiros SPRD. O nível de alimentação influencia o comportamento ingestivo, o aproveitamento de nutrientes e os rendimentos de carcaça e CNC. Os machos inteiros e castrados apresentam maior exigência de PBLm em comparação as fêmeas. As exigências de ELm e ELg não difere entre as classes sexuais. Estudos utilizando um maior número de animais são necessários para avaliar diferenças entre as classes sexuais em relação à exigência de PLg. Os cordeiros SPRD apresentam maior exigência de ELm e menor exigência de ELg em comparação aos valores preconizados pelo NRC (2007). Os cordeiros SPRD nativos do semiárido brasileiro apresentam menor exigência de PLg em comparação aos valores estimados em estudos com raças nativas de clima temperado.

**Palavras-chave:** adaptação. composição corporal. maturidade corporal. restrição alimentar. semiárido. valor nutricional.

## ABSTRACT

It was evaluated intake, digestibility, feeding behavior, performance, carcass and non-carcass components yields and energy and protein requirements of non-descript breed lambs of different sexual classes. Sixty animals (20 intact males, 20 castrated males and 20 females) were used. The average age and initial body weight were five months and  $18.1 \pm 0.4$  kg, respectively. Nutrient requirements were estimated using a comparative slaughter trial and animals that formed the group of final slaughter were distributed completely randomized in a 3x3 factorial design with three sexual classes and three feeding levels: ad libitum feeding (positive energy balance), 70% feed restriction (maintenance level) and feed restriction of 80% of ad libitum intake (negative energy balance). The intake, digestibility, feeding behavior, performance and carcass and non-carcass components yields were not influenced by sexual class and there was no interaction of sexual class with feeding levels ( $P>0.05$ ). Animals kept in feed restriction had lower intake and higher digestibility ( $P<0.05$ ). The time spent on eating and ruminating activities were higher in the treatment ad libitum. The animals kept in feed restriction had higher rumination time per unit of dry matter ingested ( $P<0.05$ ). Performance and carcass yield were lower with feed restriction ( $P<0.05$ ). Shoulder clod and hind leg yields were greater with feeding restriction. However, ribs and loin yields were higher with ad libitum feeding ( $P<0.05$ ). The net energy requirement for maintenance (NEm) did not differ between sexual classes ( $P>0.05$ ). The NEm requirement of non-descript breed lambs was 68 kcal/kg of metabolic empty body weight ( $EBW^{0.75}/d$ ). Endogenous losses of nitrogen from intact males (432 mg/kg of  $EBW^{0.75}/d$ ) and castrated males (423 mg/kg of  $EBW^{0.75}/d$ ) were higher ( $P<0.05$ ) than the estimated value for females (165 mg/kg of  $EBW^{0.75}/d$ ). The coefficients obtained by nonlinear regression of retained energy (RE) and empty body gain (EBG) did not differ ( $P>0.05$ ) between sexual classes. The net energy requirement for gain (NEg) was estimated using the following equation:  $NEg$  (Mcal/d) =  $0.29 * EBW^{0.75} * EBG^{0.86}$ . The net protein requirement for gain (NPg) was estimated by the following equation:  $NPg$  (g/d) =  $224.45 * EBG - 0.025 * RE$ . Sexual class does not affect the intake, digestibility, ingestive behavior, performance and carcass and non-carcass components yields of non-descript breed lambs. The feeding level affects ingestive behavior, nutrient utilization and carcass and non-carcass components yields. The intact and castrated males have a higher net protein requirement for maintenance (NPM) compared females. The requirement NEm and NEg not differ between the sexual classes. Studies using larger numbers of animals are needed to assess differences between sexual classes in relation to requirement the NPg. Non-descript breed lambs have higher requirement of NEm and lower requirement of NEg compared to the values suggested by NRC (2007). Non-descript breed lambs native Brazilian semiarid region have a lower requirement for NPg compared to estimated values in studies with native breeds of temperate.

**Keywords:** adaptation. body composition. feed restriction. mature body. nutritional value. semiarid.

## LISTA DE TABELAS

### ARTIGO 1

**Tabela 1.** Matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN) e carboidratos não fibrosos (CNF) dos alimentos utilizados na dieta em porcentagem.....47

**Tabela 2.** Proporção dos ingredientes e composição bromatológica da dieta.....47

**Tabela 3.** Consumos diários de matéria seca (CMS), matéria seca em porcentagem do peso corporal (CMS%PC), matéria mineral (CMM), matéria orgânica (CMO), proteína bruta (CPB), fibra em detergente neutro (CFDN), extrato etéreo (CEE) e de carboidratos não fibrosos (CCNF) de ovinos alimentados à vontade (AV) e com restrições de 70 e 80% do consumo à vontade.....51

**Tabela 4.** Coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDMS), matéria orgânica (CDMO), proteína bruta (CDPB), extrato etéreo (CDEE) e de carboidratos não fibrosos (CDCNF); coeficiente de digestibilidade verdadeira da fibra em detergente neutro (CDFDN); e teores de nutrientes digestíveis totais (NDT), energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM) na dieta de ovinos alimentados à vontade (AV) e com restrições de 70 e 80% do consumo à vontade.....52

**Tabela 5.** Tempo médio diário gasto com as atividades de alimentação, ócio e ruminação; tempo de mastigação total (TMT); eficiência de ingestão da matéria seca (EIMS) e da fibra em detergente neutro (EIFDN); eficiência de ruminação da matéria seca (ERMS) e da fibra em detergente neutro (ERFDN); e tempo de ruminação da matéria seca (TRMS) e da fibra em detergente neutro (TRFDN) de ovinos alimentados à vontade (AV) e com restrições de 70 e 80% do consumo à vontade.....53

**Tabela 6.** Peso corporal inicial (PCI), peso corporal de abate (PCA), ganho de peso corporal total (GPCT), ganho médio diário (GMD) e eficiência alimentar (EA) de ovinos alimentados à vontade (AV) e com restrições de 70 e 80% do consumo à vontade.....54

### ARTIGO 2

**Tabela 1.** Matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN) e carboidratos não fibrosos (CNF) dos alimentos utilizados na dieta em porcentagem.....68

**Tabela 2.** Proporção dos ingredientes e composição bromatológica da dieta.....68

**Tabela 3.** Peso de corpo vazio (PCVZ), peso de carcaça quente (PCQ), peso de carcaça fria (PCF), rendimento de carcaça quente (RCQ), rendimento de carcaça fria (RCF), perdas pelo resfriamento (PR), rendimento verdadeiro (RV) e área de olho de lombo (AOL) de ovinos alimentados à vontade (AV) e com restrições de 70 e 80% do consumo à vontade.....71

**Tabela 4.** Peso da meia carcaça e dos cortes comerciais de ovinos alimentados à vontade (AV) e com restrições de 70 e 80% do consumo à vontade.....72

**Tabela 5.** Rendimento dos cortes comerciais, tecidos moles e de ossos em relação ao peso da meia carcaça de ovinos alimentados à vontade (AV) e com restrições de 70 e 80% do consumo à vontade.....73

**Tabela 6.** Pesos do sangue, coração, fígado, ventrículo gástrico (VG), intestino delgado (ID), intestino grosso (IG), mesentério e gordura interna (GI) de ovinos alimentados à vontade (AV) e com restrições de 70 e 80% do consumo à vontade.....73

**Tabela 7.** Rendimento do coração, fígado, rins, ventrículo gástrico (VG), intestino delgado (ID), intestino grosso (IG), mesentério e gordura interna (GI) em relação ao peso de corpo vazio (PCVZ) de ovinos alimentados à vontade (AV) e com restrições de 70 e 80% do consumo à vontade.....74

### ARTIGO 3

**Tabela 1.** Matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN) e carboidratos não fibrosos (CNF) dos alimentos utilizados na dieta em porcentagem.....90

**Tabela 2.** Proporção dos ingredientes e composição bromatológica da dieta.....90

**Tabela 3.** Médias do consumo de matéria seca (CMS), consumo de matéria seca (CMS) em porcentagem de peso corporal metabólico ( $\%PC^{0,75}$ ), consumo de nutrientes digestíveis totais (CNDT), consumo de energia digestível (CED), consumo de energia metabolizável (CEM), consumo de energia metabolizável (CEM) em porcentagem do peso corporal metabólico ( $\%PC^{0,75}$ ) e das concentrações de energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM) da dieta de cordeiros alimentados à vontade (AV) e com restrições de 70 e 80% do consumo à vontade.....97

**Tabela 4.** Médias do peso de corpo jejum (PCJ), peso de corpo vazio (PCVZ), teores de gordura, proteína, minerais e água em porcentagem do peso de corpo vazio ( $\%PCVZ$ ) e do valor de energia em Mcal/kg de peso corporal metabólico ( $PC^{0,75}$ ) dos machos inteiros (MI), machos castrados (MC) e das fêmeas (F) do grupo de abate referência.....98

**Tabela 5.** Médias do peso de corpo em jejum inicial (PCJi), peso de corpo em jejum final (PCJf), peso de corpo vazio final (PCVZf), relação do peso de corpo vazio final

com o peso de corpo em jejum final (PCVZf:PCJf), ganho médio diário (GMD), ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ), relação do ganho de peso de corpo vazio com o ganho médio diário (GPCVZ:GMD), teores de gordura, proteína, minerais e água em porcentagem do peso de corpo vazio (%PCVZ), energia retida (ER) e da produção de calor (PC) em Kcal/kg de peso corporal metabólico ( $PC^{0,75}/d$ ) de cordeiros alimentados à vontade (AV) e com restrições de 70 e 80% do consumo à vontade.....99

**Tabela 6.** Média e erro padrão dos coeficientes da regressão exponencial entre a produção de calor (Kcal/kg de  $PCVZ^{0,75}/d$ ) e o consumo de energia metabolizável (Kcal/kg de  $PCVZ^{0,75}/d$ ), exigência de energia líquida de manutenção (ELm) (Kcal/kg de  $PCVZ^{0,75}/d$ ), exigência de energia metabolizável de manutenção (EMm) (Kcal/kg de  $PCVZ^{0,75}/d$ ) e eficiência de utilização de energia para manutenção (Km) de cordeiros de diferentes classes sexuais.....100

**Tabela 7.** Média e erro padrão dos coeficientes da regressão linear entre o logaritmo da produção de calor (Kcal/kg de  $PCVZ^{0,75}/d$ ) e o consumo de energia metabolizável (Kcal/kg de  $PCVZ^{0,75}/d$ ) e exigência de energia líquida de manutenção (ELm) (Kcal/kg de  $PCVZ^{0,75}/d$ ) de cordeiros de diferentes categorias sexuais.....101

**Tabela 8.** Média e erro padrão dos coeficientes da regressão linear entre a energia retida (Kcal/kg de  $PCVZ^{0,75}/d$ ) e o consumo de energia metabolizável (Kcal/kg de  $PCVZ^{0,75}/d$ ), exigência de energia metabolizável de manutenção (EMm) (Kcal/kg de  $PCVZ^{0,75}/d$ ) e eficiência de utilização de energia para ganho (Kg) de cordeiros de diferentes classes sexuais.....101

**Tabela 9.** Média e erro padrão dos coeficientes da regressão linear entre o nitrogênio retido (g/kg de  $PCVZ^{0,75}/d$ ) e o consumo de nitrogênio (g/kg de  $PCVZ^{0,75}/d$ ) e exigência de proteína bruta líquida de manutenção (PBLm) (g/kg de  $PCVZ^{0,75}/d$ ) de cordeiros de diferentes classes sexuais.....102

**Tabela 10.** Média e erro padrão dos coeficientes das equações de regressão do logaritmo do conteúdo de gordura (kg), proteína (kg) e energia (Mcal) sobre o logaritmo do peso de corpo vazio (kg) de ovinos de diferentes classes sexuais.....103

**Tabela 11.** Média e erro padrão dos coeficientes (a e b) obtidos pela regressão não linear da energia retida (Mcal) sobre o ganho de peso de corpo vazio (kg) de ovinos de diferentes classes sexuais.....104

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1 OVINOS SEM PADRÃO RACIAL DEFINIDO.....	17
2.2 VALOR NUTRITIVO.....	18
2.2.1 CONSUMO.....	18
2.2.2 DIGESTIBILIDADE.....	21
2.2.3 COMPORTAMENTO INGESTIVO.....	24
2.2.4 DESEMPENHO DE RUMINANTES.....	25
2.2.5 RENDIMENTOS DE CARÇAÇA, CORTES COMERCIAIS E COMPONENTES NÃO CARÇAÇA.....	28
2.3 EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS.....	33
2.3.1 COMPOSIÇÃO CORPORAL.....	34
2.3.2 ENERGIA.....	36
2.3.3 PROTEÍNA.....	39
3. ARTIGO 1. DIGESTIBILIDADE, COMPORTAMENTO INGESTIVO E DESEMPENHO DE CORDEIROS SEM PADRÃO RACIAL DEFINIDO DE DIFERENTES CLASSES SEXUAIS SUBMETIDOS À RESTRIÇÃO ALIMENTAR.....	42
4. ARTIGO 2. RENDIMENTOS DE CARÇAÇA E DE COMPONENTES NÃO CARÇAÇA DE CORDEIROS SEM PADRÃO RACIAL DEFINIDO DE DIFERENTES CLASSES SEXUAIS SUBMETIDOS À RESTRIÇÃO ALIMENTAR.....	63
5. ARTIGO 3. EXIGÊNCIAS DE ENERGIA E PROTEÍNA PARA MANTENÇA E GANHO DE CORDEIROS SEM PADRÃO RACIAL DEFINIDO DE DIFERENTES CLASSES SEXUAIS.....	84
6. CONCLUSÃO GERAL.....	119
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	120

## 1. INTRODUÇÃO

A ovinocultura é uma das principais atividades econômicas do Nordeste brasileiro. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), a maior parte do rebanho nacional de ovinos se encontra na região (56,7%), principalmente, nos municípios localizados no semiárido dos Estados da Bahia, de Pernambuco e do Ceará, onde, a principal finalidade é a produção de carne. Apesar disso, a ovinocultura praticada na região se caracteriza pela reduzida produtividade e economicidade, em função da predominância do tipo de exploração tradicional realizada na maioria dos criatórios, principalmente, devido ao inadequado manejo nutricional (PEREIRA et al., 2010).

A alimentação é o componente mais dispendioso do sistema de produção animal, sendo o principal responsável pelo desempenho produtivo dos animais (YÁÑEZ et al. 2006). Desta forma, é de suma importância à adoção de manejos nutricionais eficientes, com adequada relação entre nutrientes disponibilizados e as exigências dos animais, evitando-se o desperdício e a deficiência nutricional. Apesar disso, observa-se que existem poucas informações sobre as exigências nutricionais de ovinos criados no semiárido brasileiro (SILVA et al., 2010).

De acordo com o Agricultural Research Council (ARC, 1980), as exigências nutricionais são representadas, principalmente, pela demanda de energia e proteína dos animais para as atividades de manutenção e produção, sendo influenciadas por vários fatores, tais como: condições ambientais, nível nutricional, classe sexual, raça, espécie, entre outros.

Não existem no Brasil tabelas e normas de exigências nutricionais desenvolvidas para ovinos, desta forma, a adequação de dietas para estes animais tem sido realizada a partir dos sistemas de alimentação internacionais, tais como: o National Research Council (NRC, 1985; 2007); o Institut National de la Recherche Agronomique (INRA, 1988; 2007); o Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO, 1990; 2007) e o Agricultural and Food Research Council (AFRC, 1993). Contudo, a utilização das informações de exigências nutricionais para ovinos disponibilizadas por esses sistemas, podem não satisfazer com acurácia as exigências dos animais criados nas condições brasileiras, pois, foram obtidas a partir

de estudos realizados em países com clima, raças e alimentos diferentes do que são encontrados no Brasil (CABRAL et al., 2008).

Diante do que foi supracitado, observa-se a necessidade da realização de estudos para estimar as exigências nutricionais de ovinos nas condições brasileiras de clima e manejo. O abate comparativo é uma das principais e mais acuradas técnicas utilizadas para estimar as exigências nutricionais de ruminantes. Por este método, os animais são alimentados durante um determinado período antes do abate, com diferentes níveis de energia, sendo um destes, próximo ao nível de manutenção, para que desta forma, seja possível estimar as exigências dos animais com o uso de equações de regressão. Os diferentes níveis de energia podem ser proporcionados aos animais por meio de dietas com diferentes relação volumoso:concentrado, ou por diferentes níveis de oferta de alimentos, com restrições do consumo à vontade (LOFGREEN; GARRET, 1968).

Na literatura é bastante mencionado o efeito negativo da restrição de oferta de forragens sobre a produção animal no semiárido brasileiro, durante as prolongadas estiagens que ocorrem na região (CASTRO et al., 2007; DANTAS et al., 2008; FERREIRA et al., 2009). Contudo, resultados concretos sobre a avaliação do efeito da restrição alimentar em relação ao metabolismo, comportamento alimentar e desempenho animal são escassos. Desta forma, é de suma importância a realização de estudos que avaliem a influência da subalimentação sobre estas variáveis, para promoverem embasamento científico do real efeito da estiagem sobre a produção de carne. Além disso, esses estudos também podem demonstrar quais são os mecanismos de adaptação fisiológicos e comportamentais dos animais quando submetidos à restrição alimentar.

Diante do exposto, objetivou-se estimar as exigências de energia e proteína de cordeiros sem padrão racial definido (SPRD) de diferentes classes sexuais. Além disso, avaliou-se o efeito de diferentes níveis de oferta de alimentos e de classes sexuais sobre a digestibilidade, o comportamento alimentar, o desempenho e os rendimentos de carcaça e de componentes não carcaça em cordeiros SPRD.

O estudo foi apresentado em três artigos: Digestibilidade, comportamento ingestivo e desempenho de cordeiros sem padrão racial definido de diferentes classes sexuais submetidos à restrição alimentar (Artigo 1); Rendimentos de carcaça e de componentes não carcaça de cordeiros sem padrão racial definido de diferentes classes sexuais submetidos à restrição alimentar (Artigo 2); e Exigências

de energia e proteína para manutenção e ganho de cordeiros sem padrão racial definido de diferentes classes sexuais (Artigo 3). Os artigos 1, 2 e 3 foram elaborados de acordo com as normas do Journal of Arid Environments, Tropical Animal Health and Production e Small Ruminant Research, respectivamente.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 OVINOS SEM PADRÃO RACIAL DEFINIDO

A região Nordeste apresenta o maior rebanho de ovinos do Brasil com 56,7% do efetivo nacional (IBGE, 2010), representado, principalmente, por animais sem padrão racial definido (SPRD), que são caracterizados pela sua notável adaptabilidade e rusticidade as condições de semiárido, em função do longo processo de seleção natural (SELAIVE-VILLARROEL; SOUZA JÚNIOR et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2011). Os ovinos SPRD apresentam peso médio ao nascimento de 2,3 a 2,6 kg e peso médio ao desmame de 13 a 15 kg, em regime de pastagem nativa (EMBRAPA, 2007).

A capacidade de consumo de matéria seca (CMS) dos cordeiros SPRD tem se mostrado bastante variável. Barroso et al. (2008) trabalharam com cordeiros SPRD, não castrados, com 23 kg de peso corporal inicial e idade média inicial de sete meses, e relataram CMS variando de 0,906 a 1,508 kg/d para animais alimentados com 50% de resíduo de vitivinícola + 50% de raspa de mandioca e com 50% de resíduo de vitivinícola + 50% de farelo de palma, respectivamente. Xenofonte et al. (2008) realizaram experimento com ovinos SPRD, não castrados, com 4,6 meses de idade e peso corporal inicial de 20 kg, em confinamento, com dietas a base de feno de capim colônio e concentrado com diferentes níveis de farelo de babaçu (0, 10, 20 e 30%). O CMS variou de 0,448 a 1,377 kg para os tratamentos com 30% e 0% de farelo de babaçu, respectivamente. Ferreira et al. (2009) utilizaram cordeiros SPRD, com peso corporal inicial de 20 kg e 4 a 6 meses de idade, e observaram CMS variando de 0,648 a 0,960 kg/d para animais consumindo silagem de capim elefante ou silagem de capim elefante com 10,5% de subproduto de caju, respectivamente.

Em relação ao ganho médio diário de peso (GMD) de cordeiros SPRD, os resultados também são variáveis. Xenofonte et al. (2008) descreveram valores variando de 49,73 a 195,83 g/d para cordeiros alimentados com 30% e 0% de farelo de babaçu, respectivamente. Ferreira et al. (2009) observaram valores de GMD variando de 93,4 a 164,8 g/d para cordeiros alimentados com silagem de capim

elefante ou silagem de capim elefante com 10,5% de subproduto de abacaxi, respectivamente. Apesar de representarem a maior parte do rebanho ovino do Nordeste brasileiro, os cordeiros SPRD ainda são poucos estudados, principalmente, quando mantidos em confinamento.

## **2.2 VALOR NUTRITIVO**

O valor nutritivo do alimento é definido como uma medida de sua capacidade em sustentar grupos de atividades metabólicas inerentes ao organismo animal (BLAXTER, 1956). Segundo Rodrigues e Vieira (2011), o termo valor nutritivo é um atributo biológico e não químico ou físico, ou seja, está associado ao desenvolvimento obtido pelos animais, após o consumo de uma determinada quantidade de alimento.

Por meio do conceito de eficiência total de utilização de alimentos descrito por Brody (1945) e por Kleiber (1975), a relação entre valor nutritivo e o desempenho biológico pode ser igual à massa de produto obtida (carne, leite, lã) sobre o consumo alimentar, durante o tempo necessário para a sua síntese pelo animal (RODRIGUES; VIEIRA, 2011). Na determinação do valor nutricional de uma dieta, é necessária a realização de estudos que permitam a avaliação conjunta do consumo, digestibilidade e do metabolismo animal (DETMAN et al., 2004).

### **2.2.1 CONSUMO**

O consumo é um dos aspectos mais importantes na nutrição de ruminantes, pois dele vai depender a entrada dos nutrientes ofertados aos animais, determinando, desta forma, o desempenho dos mesmos, sendo regulado e limitado por fatores metabólicos e fisiológicos. O fator fisiológico é representado, principalmente, pela quantidade de resíduos indigestíveis que mantém a digesta por mais tempo no trato gastrointestinal, ou seja, preenchimento ruminal, causando desconforto por distender o rúmen e estimular receptores do sistema nervoso central

que estão presentes na parede ruminal, cessando, desta forma, o consumo. Por outro lado, o fator metabólico é determinado pela absorção dos nutrientes em níveis que satisfaçam as necessidades dos animais (VAN SOEST, 1994).

Segundo Illius e Jessop (1996), quando ruminantes se alimentam de forragens de baixa digestibilidade, a regulação do consumo está relacionada com a sua lenta taxa de degradação, e, conseqüentemente, reduzida taxa de passagem, caracterizando a restrição física. Por outro lado, quando os animais recebem uma dieta com alta digestibilidade, a restrição do consumo ocorre antes da regulação física, por meio do controle metabólico relacionado com a capacidade do animal em utilizar os nutrientes absorvidos.

Por muito tempo, foi considerado que o consumo de alimentos por ruminantes era limitado, exclusivamente, pelo enchimento ruminal. Porém, essa limitação física não era capaz de explicar todas as variações de consumo. Sendo assim, diversos estudos foram desenvolvidos com o intuito de explicar de forma mais precisa como o consumo de alimentos é regulado (SILVA, 2011). Forbes (1996) elaborou a teoria da integração dos sinais regulatórios do consumo de alimentos. Segundo este autor, os fatores que regulam o consumo agem de forma interligada. O sistema nervoso central recebe informações de receptores mecânicos, químicos e metabólicos das vísceras e estímulos de temperatura através do nervo vago e do sistema nervoso simpático. Dessa forma, o consumo pode ser regulado em nível de rúmen, tanto por estímulos mecânicos nos receptores de tensão, como por estímulos químicos dos ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) sobre os receptores químicos e de osmolaridade.

Recentemente, a teoria da maximização da eficiência de consumo de oxigênio foi relatada para explicar a regulação do consumo de alimentos (KETELAARS; TOLKAMP, 1996). Por meio desta, a ingestão de alimento é regulada para maximizar a produção de energia líquida por litro de oxigênio consumido, uma vez que a relação custo benefício na ingestão de alimento é considerável, ou seja, os processos oxidativos do corpo resultam em envelhecimento, sendo assim, o animal tenta alcançar um balanço ótimo entre benefício e custo no comportamento alimentar (FISHER, 2002).

De acordo com Van Soest (1994), o consumo alimentar ainda pode variar em função da variabilidade animal (espécie, nível nutricional, categoria, demanda energética, idade e sexo) e da palatabilidade e seleção de forragem. Segundo o

NRC (1996), a composição corporal, especialmente, a porcentagem de gordura, pode afetar o consumo, ou seja, quando os animais alcançam a maturidade corporal, a deposição de tecido adiposo aumenta e o consumo alimentar tende a reduzir. Ainda de acordo com o NRC (1996), esta regulação pode explicar o menor consumo de novilhas com tamanho corporal médio em comparação a novilhos e touros da mesma idade e peso. Contudo, de forma geral, o sexo tem apresentado efeito limitado sobre o consumo.

A influência da idade sobre o consumo está relacionada com o peso corporal dos animais, que apresentam maior consumo absoluto com a elevação do peso corporal. Por outro lado, proporcionalmente ao peso à maturidade, o consumo tende a ser maior nos animais jovens. A condição fisiológica também afeta o consumo, sendo maior nas fêmeas lactantes comparadas com as não lactantes, e, é reduzido nas fêmeas gestantes, principalmente, no último mês de gestação, devido ao maior desenvolvimento do útero gravídico, com conseqüente compressão ruminal (NRC, 1996).

O processamento da dieta é outro fator que pode afetar o consumo voluntário dos animais. A moagem fina e a peletização do alimento aumentam a densidade da dieta, em função da redução do tamanho de partícula, e desta forma, a taxa de passagem do alimento pelo trato gastrintestinal é aumentada, favorecendo a elevação do consumo. Contudo, o superprocessamento de alimentos, principalmente, de volumoso, reduz a disponibilidade de fibra em detergente neutra fisicamente efetiva, sendo esta, fundamental para estimular a ruminação e a motilidade do rúmen, que são necessárias para a manutenção adequada do ambiente ruminal, evitando desta forma, a acidose ruminal, que pode reduzir o consumo de alimentos dos animais (VAN SOEST, 1994; MERTENS, 1997).

O consumo alimentar também pode ser influenciado por fatores externos, principalmente, pelas condições ambientais (SILVA, 2011). Silanikove (1992) relatou que animais mantidos em ambientes secos e de altas temperaturas apresentam redução no apetite, e que, as raças nativas de regiões de clima seco são menos susceptíveis ao estresse térmico em comparação com as raças não adaptadas. De acordo com o NRC (1981), em temperaturas mais reduzidas os animais apresentam maior consumo de alimentos, devido ao mínimo desconforto térmico. Por outro lado, em elevadas temperaturas, o consumo é reduzido, principalmente, em função do estresse térmico.

Além do que foi supracitado, o consumo alimentar também depende da quantidade de alimento disponível, aumentando conforme aumenta a oferta. Isso se deve, principalmente, à possibilidade do animal selecionar as partes da planta que vai consumir, usualmente, as menos fibrosas (MINSON, 1990). Estudos sobre a avaliação do efeito do nível de alimentação sobre o consumo alimentar de ovinos de diferentes classes sexuais e nas condições de clima semiárido são escassos.

### **2.2.2 DIGESTIBILIDADE**

Apesar de o consumo representar a quantidade de alimentos ou nutrientes ofertados que foi ingerido, o mesmo não indica o valor de nutrientes do alimento que estão realmente disponíveis para serem utilizados pelo metabolismo animal, sendo necessário, desta forma, o conhecimento dos seus valores de digestibilidade. De acordo com Lana (2005), a digestibilidade corresponde à fração do alimento que é reduzida em partículas de baixo peso molecular, por meio da ação de enzimas microbianas e dos órgãos digestivos, que são absorvidas no trato gastrointestinal.

A proporção do alimento ingerida que não foi excretada nas fezes é considerada como a digestibilidade aparente. O termo aparente é utilizado quando não se considera a matéria seca fecal metabólica (MSFM), que é representada, principalmente, pelas perdas endógenas, descamação epitelial e contaminação por microrganismos nas fezes. Por outro lado, quando considerada a perda de MSFM, determina-se o valor de digestibilidade verdadeira dos alimentos, que sempre será maior em comparação ao valor de digestibilidade aparente. Contudo, em relação à fração fibrosa dos alimentos, sempre será obtido o valor de digestibilidade verdadeira, pois, não há secreções endógenas de fibras pelos ruminantes (BERCHIELLI et al., 2011).

Diversos fatores podem afetar a digestibilidade dos alimentos e de seus nutrientes. Segundo Mertens (1987), a digestibilidade pode ser influenciada por características do alimento, do animal e das situações de alimentação. A composição química dos alimentos é um dos principais fatores que afetam a sua digestibilidade, principalmente, em relação aos conteúdos de carboidratos solúveis e carboidratos fibrosos. Dietas ricas em açúcares e amido podem reduzir a

digestibilidade da fibra no rúmen, pois, esses nutrientes apresentam alta taxa de degradabilidade, com excessiva produção de ácidos orgânicos, que podem reduzir o pH ruminal para próximo de 5,0, causando depressão na taxa de crescimento das bactérias fibrolíticas, com conseqüente redução na degradação das frações fibrosas (HOOVER, 1986).

A digestibilidade também pode reduzir com o avanço da maturidade fisiológica das plantas, principalmente, em forragens tropicais, devido ao espessamento e lignificação da parede celular, acompanhada por redução na proporção de folhas na produção total de matéria seca (MS) e do teor de proteína bruta (PB) (DESCHAMPS, 1999). De acordo com Jung (1989), as ligações covalentes entre a lignina (LIG) e os carboidratos da parede celular reduzem a digestibilidade da fibra.

Ainda em relação à composição química da dieta, observa-se a influência dos teores de nitrogênio e de lipídios sobre a degradabilidade dos alimentos. No geral, os ruminantes requerem no mínimo 7% de PB na dieta, que é necessária para estimular o crescimento microbiano, principalmente, das bactérias celulolíticas, não comprometendo, desta forma, a digestibilidade da fibra (LANA, 2005). Por outro lado, a fermentação ruminal pode ser inibida quando os animais recebem dietas com mais de 7% de lipídios na MS, provavelmente, devido ao impedimento da fixação microbiana às partículas de alimento, em função da característica adsortiva dos ácidos graxos insaturados, e também, devido ao efeito tóxico dos ácidos graxos insaturado sobre os microrganismos ruminais (KOZLOSKI, 2009).

Além da composição química, alterações na estrutura física, devido ao processamento dos alimentos, também podem influenciar na sua digestibilidade. De acordo com Valadares Filho e Pina (2011), o processamento mecânico reduz o tamanho das partículas e aumenta a área de superfície disponível para a adesão microbiana e o ataque enzimático. O efeito do processamento sobre a digestibilidade é mais acentuado nos grãos, principalmente, em relação à quebra das barreiras físicas, que impedem o acesso do ataque microbiano e enzimático sobre os nutrientes, pois, os grãos são deglutidos mais rapidamente pelos animais em comparação ao volumoso, e conseqüentemente, apresentam menor redução do tamanho de partícula e quebra de barreiras à digestão por meio da mastigação (NUSSIO et al., 2011).

De acordo com Antunes et al. (2011), o processamento de grãos pode ser a seco, por meio da moagem fina ou grossa, tostagem, peletização e laminação, ou,

pode envolver a adição de água, como a maceração, expansão, laminação a vapor, floculação e cozimento a vapor, sendo a combinação de ambos os processos, mais eficiente em melhorar a digestibilidade dos alimentos. Contudo, em grãos superaquecidos, pode ocorrer redução da digestibilidade da proteína em consequência da reação de Maillard (FALDET, 1992). Além disso, quando grânulos de amido tratados a vapor não são imediatamente utilizados, pode ocorrer a retrogradação e o rearranjo da matriz protéica no grânulo, podendo reduzir a digestibilidade do amido (ANTUNES et al., 2011).

Embora o processamento mecânico possa promover a digestão microbiana, o superprocessamento pode prejudicar a digestibilidade, principalmente, de alimentos refratários, como as gramíneas, que podem deixar o rúmen antes da finalização dos processos de adesão, penetração e digestão, podendo ocorrer, desta forma, diminuição da digestibilidade de volumoso peletizado ou moído em comparação ao material não processado (VALADARES FILHO; PINA, 2011).

O nível de alimentação é outro fator de grande influencia na digestibilidade dos alimentos. Mertens et al. (1987) utilizando o modelo descrito por Waldo et al. (1972), correlacionaram a digestibilidade com parâmetros dinâmicos, considerando a cinética da digestão, sendo a digestibilidade de um alimento ou nutriente, obtida por meio de sua taxa de digestão dividida pela soma da sua taxa de digestão com a taxa de passagem. Segundo os autores, a relação dinâmica explica a depressão na digestibilidade dos alimentos, quando o nível de alimentação dos animais está acima da manutenção, devido ao aumento da taxa de passagem. Além disto, a redução da digestibilidade, com o aumento da taxa de passagem, é maior nos alimentos que apresentam menor taxa de digestão, como os constituintes fibrosos.

O aumento da taxa de passagem com o maior nível de consumo é decorrente de uma maior pressão de fluxo, causada pela ingestão de mais alimento, sobre resíduos e matéria orgânica potencialmente digestível presentes no trato gastrointestinal (VAN SOEST, 1994). De acordo com Dias (2011), a digestibilidade de forragens reduz com o aumento do nível de consumo de MS, sendo este, negativamente correlacionado com a retenção da digesta no rúmen, proporcionando maiores taxas de passagem das partículas de alimento pelo rúmen-retículo com a elevação do consumo. Na literatura consultada, não foram encontrados estudos avaliando os efeitos do nível de alimentação sobre a digestibilidade de ovinos mantidos em clima semiárido.

### 2.2.3 COMPORTAMENTO INGESTIVO

O comportamento ingestivo é outro aspecto nutricional utilizado para avaliar as respostas dos animais aos diferentes manejos alimentar e tipos de alimentos (RIBEIRO et al., 2006). De acordo com Carvalho et al. (2006), as diversas condições de alimentação podem modificar os parâmetros do comportamento ingestivo dos ruminantes. O termo comportamento ingestivo refere-se à observação das atividades realizadas pelos animais durante as refeições. O monitoramento individual do comportamento ingestivo pode ser realizado diretamente pelas observações, em intervalos regulares de tempo, das atividades de alimentação e ruminação (FORBES, 2007).

Os ruminantes ingerem o alimento rapidamente, para posterior ruminação, ou seja, o tempo gasto com a mastigação durante o consumo é menor em comparação ao tempo despendido com a ruminação. O comportamento de alimentação consiste na apreensão do alimento, mastigação e mistura com a saliva, resultando na formação do bolo alimentar para a deglutição. O tempo gasto com a alimentação é afetado pela natureza do alimento ou da forragem. Alimentos concentrados ou peletizados são ingeridos mais rapidamente em comparação a forragem grosseira, que precisa de maior tempo de mastigação para a formação do bolo alimentar (VAN SOEST, 1982).

A taxa de alimentação pode ser afetada pelo nível de fornecimento do alimento para os animais. Os ruminantes submetidos à restrição alimentar apresentaram maior taxa de alimentação em comparação aos alimentados à vontade, sendo os animais com menor nível de consumo, mais rápidos na ingestão de alimentos em relação aos de alimentação não restrita (FORBES, 2007). De acordo com Van Soest (1982), a taxa e o tempo de alimentação afetam a subsequente fermentação ruminal. Além disso, a taxa de alimentação pode variar com o estado fisiológico dos animais, podendo diminuir com a gestação e aumentar com a lactação. Outro fator que afeta o comportamento alimentar, é a temperatura ambiente, pois, os animais evitam alimentar-se nos períodos mais quentes do dia (FORBES, 2007).

A ruminação é definida como a regurgitação pós-prandial do bolo alimentar, que é submetido a uma mastigação mais lenta para reduzir o tamanho das partículas de alimentos, com a formação de um novo bolo alimentar, que será novamente deglutido. A ruminação é influenciada pelo conteúdo nutricional da dieta, principalmente, pelo teor de parede celular, em que os alimentos concentrados reduzem o tempo de ruminação, enquanto as forragens com alto teor de parede celular tendem a aumentá-lo (VAN SOEST, 1994).

O início da ruminação ocorre entre meia e uma hora e meia após a ingestão do alimento. O número e duração dos ciclos de ruminação dependem da estrutura (teor de fibra, tamanho das partículas), do número de refeições e da quantidade de alimento ingerido. Dessa forma, podem ser observados por dia, de 4 a 24 períodos de ruminação, com duração de 10 a 60 minutos cada (FURLAN et al., 2011).

O aumento do nível de alimentação tende a reduzir o tempo gasto com a ruminação por grama de alimento ingerido. Isto explica o maior tamanho das partículas de alimentos não digeridas nas fezes de animais submetidos a altos níveis de consumo (VAN SOEST, 1982). Estudos relatando os efeitos do nível de alimentação sobre o comportamento ingestivo de ovinos são escassos (GALVANI et al., 2010). Na literatura consultada, não foram encontrados trabalhos avaliando o efeito da restrição alimentar sobre o comportamento ingestivo de cordeiros mantidos em clima semiárido.

#### **2.2.4 DESEMPENHO DE RUMINANTES**

Os principais parâmetros utilizados na avaliação do desempenho de ruminantes criados para a produção de carne são o ganho médio diário de peso (GMD) e a eficiência alimentar (EA), sendo estes, influenciados pela dieta, nível de alimentação, raça, idade, sexo e ambiente. De acordo com Gonzaga Neto et al. (2006), o desempenho é influenciado diretamente pela composição nutricional da dieta. O GMD geralmente é superior em animais alimentados com maiores níveis de concentrado na dieta, sendo este melhor desempenho, associado ao maior nível energético e protéico do concentrado em comparação com o volumoso, além das

menores perdas energéticas na forma de metano e do calor dissipado oriundo da fermentação dos carboidratos fibrosos (NEIVA et al., 2004; PEREIRA et al., 2010).

O nível de alimentação é outra variável diretamente relacionada com o GMD. Animais submetidos à restrição alimentar apresentam menor GMD em comparação aos mantidos com alimentação à vontade, e conseqüentemente, menor peso corporal de abate (MATTOS et al., 2006; YÁÑEZ et al., 2006; PEREIRA FILHO et al., 2007). O GMD e o peso corporal de abate decrescem com a restrição alimentar devido à redução da deposição de gordura, proteína e conteúdo gástrico (MURPHY et al., 1994). A restrição alimentar também está relacionada com a partição da energia metabólica por parte dos animais, que priorizam a manutenção das funções vitais, retendo energia somente quando o consumo está acima dos níveis de manutenção (WILLIAMS; JENKINS, 2003).

O desempenho também é variável entre os grupos genéticos. Os ovinos lanados especializados na produção de carne apresentam maior GMD em comparação as raças especializadas na produção de lã e as raças deslanadas (CARVALHO et al., 2005; SELAIVE-VILLARROEL et al., 2006; FERNANDES et al., 2007). As raças deslanadas apresentam menor velocidade de crescimento e alcançam a maturidade fisiológica com pesos inferiores às raças lanadas selecionadas para a produção de carne, e desta forma, apresentam maior proporção de gordura em relação a músculo no ganho de peso. Como a deposição de tecido muscular está acompanhada de maior quantidade de água retida no ganho, ela torna-se mais rentável em termo de massa depositada, em comparação com a deposição de gordura, ocasionando maiores ganhos e eficiência (MARAIS, 1991; PIRES et al., 2000; GONZAGA NETO et al., 2005; REGADAS FILHO et al., 2011).

Outro aspecto que influencia no desempenho dos animais é a classe sexual. Os machos não castrados apresentam maior GMD quando comparados a machos castrados e a fêmeas (KEMP et al., 1970; CARVALHO et al., 1999; NUNES et al., 1996; SIQUEIRA et al., 2001a). Os machos inteiros apresentam maior taxa de crescimento em relação a machos castrados e a fêmeas, sendo esta diferença, atribuída à função fisiológica da testosterona, que é responsável pela maior deposição de massa muscular nos machos não castrados (SCHANBACHER et al., 1980; JENKINS et al., 1988).

Nunes et al. (1996) relataram que fatores ambientais também podem afetar as características produtivas de ruminantes. Entre os fatores ambientais relacionados

com o desempenho animal, destaca-se a temperatura ambiente. Com a finalidade de apresentarem máxima produtividade, os animais dependem de adequada temperatura, dentro da sua zona de conforto térmico, para que não ocorra gasto de energia ou atividade metabólica para aquecer ou esfriar o corpo (NEIVA et al., 2004). O GMD reduz quando os cordeiros são submetidos a temperaturas acima ou abaixo da sua zona de conforto térmico, apresentando maior consumo de alimentos por kg de ganho, sendo as raças lanadas, menos tolerantes a temperaturas elevadas (NRC, 1981). Neiva et al. (2004) observaram menor GMD em ovinos expostos a radiação solar em comparação aos mantidos à sombra.

Além do GMD, a conversão alimentar (CA) e a EA são outros índices utilizados na produção animal, como parâmetros para medir o desempenho, sendo influenciadas, principalmente, pelo tipo de alimento, condições ambientais, composição do ganho e estado de saúde do animal (PEREIRA et al., 2010). Os animais alimentados com maiores níveis de concentrado na dieta apresentam maior EA. De forma geral, dietas ricas em volumoso são menos energéticas e protéicas, além de causarem maior perda de energia na forma de metano e proporcionarem maior incremento calórico durante a fermentação ruminal. Desta forma, a utilização de volumoso pelos animais para ganho é menos eficiente em comparação a dietas ricas em concentrado (VAN SOEST, 1982).

Além da qualidade da dieta, a quantidade ofertada também afeta a eficiência de utilização de alimentos pelos ruminantes. Segundo Pereira Filho et al. (2005), os cordeiros apresentam menor EA quando submetidos à restrição alimentar. A EA é definida como a quantidade de ganho obtido sobre um determinado consumo de alimento. A EA reduz com os menores níveis de alimentação, devido à exigência de energia para manutenção representar a maior porcentagem da energia consumida, desta forma, com menores níveis de consumo, a disponibilidade de energia para ganho é reduzida (NRC, 1996).

A composição do ganho influencia nos índices de EA e CA, podendo variar, principalmente, em função do grupo genético, do sexo e da idade, sendo essas variáveis relacionadas à maturidade fisiológica dos animais. As raças com maior velocidade de ganho na fase de crescimento demandam menos alimento por kg de ganho de peso, em comparação com as raças com menor velocidade de crescimento, quando avaliadas na mesma faixa de idade e com pesos compatíveis (PEREIRA et al., 2010). As raças que apresentam menor peso corporal a

maturidade, depositam menor proporção de proteína e maior de gordura no ganho, quando comparadas as raças de maturidade tardia em um mesmo peso absoluto (PEREIRA FILHO et al., 2005). O animal demanda mais energia para ganhar massa corporal como gordura em comparação à proteína, pois, a concentração energética da gordura é maior. Além disso, a deposição corporal de proteína está associada com a deposição de três vezes a sua massa em água. Desta forma, em termo de eficiência de massa corporal, a mesma, teoricamente, eleva-se com a maior deposição de proteína no ganho de peso (MARAIS, 1991).

Segundo Butterfield (1988) e Bernardi et al. (2005), a EA reduz quando a idade e o peso corporal dos animais são aumentados, devido à elevação do consumo de MS e a diminuição do ganho de peso. À medida que o animal se aproxima da maturidade fisiológica, a deposição de proteína no ganho é reduzida, com acréscimo no ganho de gordura (OLIVEIRA et al., 2004).

As distintas idades e pesos de maturidade fisiológica também podem explicar as diferenças de EA entre sexos. De acordo com Ferrel et al. (1979), os cordeiros machos depositam mais água e proteína, e conseqüentemente, menos gordura no corpo, em comparação com as fêmeas, uma vez que estas apresentam a maturidade corporal mais precocemente. Além disso, a maior EA nos machos inteiros está relacionada com a produção de testosterona, que atua como um promotor de crescimento dos tecidos muscular e esquelético, sendo este efeito, mais acentuado quando os animais alcançam a puberdade (SCHANBACHER et al., 1980; JENKINS et al., 1988; CARVALHO et al., 1999). Na literatura consultada, não foram encontrados estudos avaliando o efeito da classe sexual sobre o desempenho de cordeiros nativos de clima semiárido, submetidos a diferentes níveis de alimentação.

### **2.2.5 RENDIMENTOS DE CARÇAÇA, CORTES COMERCIAIS E COMPONENTES NÃO CARÇAÇA**

Além do GMD e da EA, o desempenho de ruminantes de corte também pode ser mensurado a partir da quantidade e qualidade de carne produzida. Neste contexto, as características de carcaça, principalmente, o rendimento de carcaça e dos cortes comerciais estão entre os principais parâmetros avaliados. O rendimento

de carcaça é importante do ponto de vista econômico e produtivo, pois, é através deste, que uma menor ou maior porção de material comestível torna-se disponível para a comercialização e o consumo após o abate dos animais (BERNARDI et al., 2005).

Uma das principais influências da alimentação sobre o rendimento de carcaça está associada, principalmente, as variações do conteúdo do trato gastrintestinal, que depende do teor de fibra da dieta e do nível de oferta de alimentos. Alimentos menos digestíveis ficam mais tempo retidos no rúmen e apresentam menor taxa de passagem. Da mesma forma, a restrição alimentar quantitativa reduz a taxa de passagem da dieta pelo trato gastrointestinal. Sendo assim, o peso dos componentes não carcaça (CNC) apresenta maior proporção sobre o peso corporal, diminuindo o rendimento comercial da carcaça, mesmo com os animais submetidos ao jejum alimentar antes do abate (MATTOS et al., 2006; YÁÑEZ et al., 2006). Além disso, animais alimentados com dietas de baixa digestibilidade ou submetidos à restrição alimentar quantitativa, apresentam menor taxa de crescimento, e conseqüentemente, menores pesos de abate e de carcaça, que estão diretamente relacionados com o rendimento de carcaça (YÁÑEZ et al., 2006).

Outro aspecto nutricional que pode influenciar no rendimento de carcaça é o nível de concentrado da dieta. De acordo com Gonzaga Neto (2006), animais que consomem maior quantidade de concentrado em detrimento de volumoso, apresentam maiores pesos de carcaça, e conseqüentemente, maiores rendimentos. Além de proporcionarem menores perdas energéticas durante o processo fermentativo, como mencionado anteriormente, dietas ricas em concentrado produzem mais proprionato durante a fermentação ruminal. Assim, com maior disponibilidade de proprionato, o fígado utiliza menos aminoácidos na gliconeogênese, aumentando a disponibilidade dos mesmos para a síntese muscular (KOZLOSKI, 2009).

A classe sexual também afeta o rendimento de carcaça. Contudo, os resultados são contraditórios. Os machos não castrados apresentam maior rendimento de carcaça em comparação aos machos castrados, devido à ação da testosterona, que proporciona maior peso de abate e maior teor de proteína e água na carcaça de machos não castrados (SCHANBACHER, 1980; JENKINS et al., 1988). Por outro lado, Kemp (1970) e Ribeiro et al. (2003) relataram que machos castrados apresentam maior rendimento de carcaça, sendo esta diferença, atribuída

ao peso dos testículos nos machos não castrados, que pode corresponder a 0,75% do peso corporal, e também, a maior deposição de gordura na carcaça dos animais castrados. Ainda em relação a influencia do sexo sobre o rendimento de carcaça, Siqueira et al. (2001a) observaram maiores valores para as fêmeas em comparação aos machos inteiros. De acordo com os autores, as fêmeas são mais precoces em relação à maturidade corporal, e desta forma, depositam mais gordura na carcaça em relação aos machos com pesos e idades similares.

O efeito da classe sexual sobre o rendimento de carcaça também depende da idade de abate dos animais. O crescimento secundário nos machos inteiros ocorre após a puberdade, período em que há aumento na secreção e atividade da testosterona. Além disso, existem diferenças no peso à maturidade entre as raças (FREETLY et al., 1995), o que pode ocasionar distintas respostas no rendimento de carcaça entre as classes sexuais de diferentes genótipos (RIBEIRO et al., 2003).

O efeito de raça sobre o rendimento de carcaça pode ser atribuído às diferenças nos pesos dos CNC, principalmente em relação ao tamanho das vísceras, e também, aos diferentes pesos de abate dos animais. As raças de maiores pesos ao abate e com menores pesos dos CNC apresentam maior rendimento de carcaça (OSÓRIO et al., 1996; PILAR et al., 2005).

Na avaliação da produção de carne, os rendimentos dos cortes comerciais são tão importantes quanto o rendimento de carcaça. A participação dos cortes na carcaça permite uma avaliação qualitativa, pois, a carcaça deve apresentar a melhor proporção possível de cortes com maior deposição muscular (YÁÑEZ et al., 2006). No Brasil as carcaças de ovinos são divididas, principalmente, nos seguintes cortes: perna, lombo, paleta, costelas, frauda e pescoço (FURUSHO-GARCIA et al., 2004). De acordo com Gonzaga Neto et al. (2006), o lombo, a paleta e o pernil são os cortes de maior valor comercial, devido a maior deposição de massa muscular.

O rendimento dos cortes comerciais pode ser influenciado, principalmente, pelo sexo, peso de abate e manejo nutricional. Esta variação está relacionada com os diferentes padrões de crescimento muscular. Os músculos apresentam velocidade de crescimento progressiva das extremidades para o tórax, e particularmente, para a região dorso-lombar (YÁÑEZ et al. 2006). Segundo Butterfield (1988), os músculos dos membros posteriores e anteriores e os músculos que circundam a coluna vertebral apresentam rápida velocidade de crescimento, ou seja, são músculos de maturidade precoce, que reduzem a sua proporção com o aumento de peso do

animal. Por outro lado, os músculos do abdômen, tórax, lombo e pescoço apresentam crescimento lento, elevando os seus rendimentos na medida em que o peso corporal é aumentado.

Dessa forma, tem se observado que animais submetidos à restrição alimentar, quantitativa ou qualitativa, apresentam maior rendimento de cortes de desenvolvimento precoce, como pernil e paleta. Por outro lado, animais alimentados à vontade e com elevados níveis de concentrado apresentam maior rendimento de cortes com desenvolvimento tardio, como costelas e lombo (GONZAGA NETO et al., 2006; MATTOS et al., 2006; YÁÑES et al., 2006; PEREIRA FILHO et al., 2007; DANTAS et al., 2008; PEREIRA et al., 2010).

As diferenças apresentadas entre as raças e as classes sexuais sobre os rendimentos dos cortes comerciais, podem ser explicadas, em parte, pela alometria, que classifica o desenvolvimento dos cortes como isogênicos ou heterogênicos positivos ou negativos. Os cortes isogênicos apresentam a mesma velocidade de crescimento que o restante do corpo com o aumento de peso corporal. Já os cortes heterogênicos, apresentam velocidade de crescimento diferente dos outros constituintes do corpo com o ganho de massa corpórea. Se a velocidade for menor, esses cortes são heterogênicos negativos, ou seja, são de desenvolvimento precoce e reduzem a sua proporção com o aumento de peso corporal. Por outro lado, se a velocidade de crescimento for maior que a dos outros constituintes do corpo, estes cortes são heterogênicos positivos ou de desenvolvimento tardio, aumentando o seu rendimento na medida em que o peso corporal aumenta. Portanto, o crescimento alométrico dos diferentes cortes entre os genótipos está relacionado com o potencial genético para a deposição de massa muscular, o peso de maturidade fisiológica e porte de cada raça (OSÓRIO et al., 1995; SANTOS et al., 2001; PILLAR et al., 2008).

Entre as classes sexuais, o crescimento alométrico dos cortes é influenciado pelas as diferenças de peso à maturidade e pelo o efeito anabólico da testosterona sobre o desenvolvimento de características secundárias nos machos. Os machos inteiros apresentam redução do rendimento dos cortes precoces com o aumento de peso, devido a sua maior velocidade de crescimento. Por outro lado, as fêmeas depositam gordura mais precocemente, apresentando maior rendimento dos cortes de crescimento tardio. Os machos castrados apresentam comportamento

intermediário (KEMP, 1970; BUTTERFIELD, 1988; SIQUEIRA et al., 2001b; FURUSHO-GARCIA et al., 2004).

Na pecuária de corte, além da carcaça, também se observa importante valor econômico dos CNC, que são representados pelo sangue, sistema digestório, pele, cabeça, patas, cauda, pulmão, traquéia, coração, rins, gorduras omental, mesentérica, renal e pélvica, baço e aparelho reprodutor com bexiga (YAMAMOTO et al., 2004). De acordo com Mattos et al. (2006), a importância dos CNC não está apenas relacionada ao seu rendimento na carcaça, uma vez que também podem constituir uma importante alternativa de alimento às populações menos favorecidas, que necessitam invariavelmente de proteína de origem animal. O peso relativo dos CNC pode variar de 40 a 60% do peso corporal e é influenciado pela genética, idade, peso corporal e alimentação (CARVALHO et al., 2005).

As diferenças entre as raças em relação ao peso e ao rendimento dos CNC estão relacionadas, principalmente, ao porte e aos distintos pesos de maturidade corporal (ARAÚJO FILHO et al., 2007; PINHEIRO et al., 2008). A classe sexual também pode afetar o desenvolvimento dos órgãos internos. No geral, os machos inteiros apresentam maior desenvolvimento de órgãos internos e das patas devido à ação da testosterona. As fêmeas apresentam maior teor de gordura interna, relacionado à sua maturidade corporal mais precoce e reservas para lactação (SIQUEIRA et al., 2001b; ROSA et al., 2002; CATTELAM et al., 2011).

A alimentação é outro fator que pode afetar o desenvolvimento dos CNC. A qualidade e a relação volumoso:concentrado da dieta influenciam o desenvolvimento dos órgãos do trato gastrointestinal, sendo observado maior proporção de rúmen no trato gastrointestinal, quando os animais são alimentados com dietas pobres em concentrado e com volumoso de baixa digestibilidade. Por outro lado, em dietas com maior teor de concentrado e com volumoso de melhor qualidade, a proporção de intestino delgado aumenta em relação ao peso do trato gastrointestinal, associado à maior quantidade de nutrientes disponíveis para a absorção intestinal. Além disso, animais alimentados à vontade apresentam maior peso corporal, e conseqüentemente, maior desenvolvimento do fígado, coração, pulmão, rins e órgãos do trato gastrointestinal, devido ao maior aporte de nutrientes e ao incremento no metabolismo esplênico (FURLAN et al., 2011; MORENO et al., 2011).

Os efeitos da restrição alimentar quantitativa sobre os rendimentos de carcaça, cortes comerciais e de CNC são bem documentados em caprinos (MATTOS et al.,

2006; YÁÑES et al., 2006; PEREIRA FILHO et al., 2007). Por outro lado, trabalhos com ovinos são escassos, sendo observados apenas estudos avaliando o efeito da restrição alimentar qualitativa (GONZAGA NETO et al., 2006; PEREIRA et al., 2010). Além disso, não existem estudos avaliando o efeito de classe sexual sobre os rendimentos de carcaça, cortes comerciais e de CNC de cordeiros nativos de clima semiárido.

### **2.3 EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS**

As exigências nutricionais são caracterizadas, basicamente, pelas demandas de água, energia, proteína, minerais e vitaminas dos animais para atender as suas necessidades de manutenção e produção. As exigências nutricionais podem variar de acordo com diversos fatores, tais como: espécie, grupo genético, idade, sexo, nível de produção, alimentação, condições ambientais, estado fisiológico e plano nutricional anterior (ARC, 1980).

Os sistemas de alimentação determinam as exigências nutricionais por meio do método fatorial, fracionando as exigências líquidas dos animais em manutenção, crescimento, gestação, lactação e produção de fibra ou lã. Contudo, como o valor líquido dos alimentos nem sempre está disponível, é de suma importância o conhecimento dos valores de eficiência de utilização dos nutrientes para cada fator, sendo possível desta forma, estabelecer as exigências dietéticas dos animais (RESENDE et al., 2008).

Os estudos sobre as exigências nutricionais de ovinos no Brasil são recentes e escassos, e conseqüentemente, as informações disponíveis são insuficientes para estabelecer as recomendações nutricionais dos animais criados no território brasileiro. Desta forma, os valores adotados para balancear as dietas dos animais são oriundos de sistemas de alimentação internacionais. Contudo, os princípios comitês de alimentação utilizados pelos criadores foram baseados em estudos com animais, alimentos e climas diferentes dos encontrados no Brasil, e, portanto, nem sempre se adequam à realidade brasileira (CABRAL et al., 2008). Os poucos estudos sobre as exigências de energia e proteína de ovinos realizados no Brasil, resultaram em informações diferentes das recomendações propostas pela maioria

dos sistemas internacionais de alimentação animal (CARVALHO et al., 2000; PIRES et al., 2000; SANTOS et al., 2002; SILVA et al., 2003; GONZAGA NETO et al., 2005; SILVA et al., 2007; GALVANI et al., 2008; GALVANI et al., 2009).

Além dos possíveis fatores que podem causar variações sobre as exigências nutricionais mencionados anteriormente, outra característica importante que afeta as exigências de ovinos é a presença ou não de lã. De acordo com Oliveira et al. (2004), os animais lanados apresentam carcaça mais gordurosa e maior deposição de gordura no ganho. Além disso, segundo Gonzaga Neto et al. (2005), os animais lanados apresentam maior concentração de energia corporal em comparação aos deslanados, devido ao maior custo energético com a deposição de proteína na forma de lã. Apesar disso, diferentemente do que ocorre com bovinos e caprinos, em que as recomendações nutricionais são separadas pelas diferenças de aptidões entre as raças, não existem especificações dos comitês de alimentação animal para os valores de exigência nutricional entre ovinos lanados e deslanados (REZENDE et al., 2008).

Em relação à influência da classe sexual sobre as exigências nutricionais, recomendam-se ajustes para o valor de energia de manutenção, pois, devido às diferenças de composição corporal, os machos inteiros apresentam maiores taxas metabólicas em relação às fêmeas e aos machos castrados (CSIRO, 2007; NRC, 2007). No Brasil, ainda não foram realizados estudos para avaliar as possíveis diferenças nas exigências de energia de manutenção entre as classes sexuais. Na literatura disponível e consultada, foi encontrado apenas um estudo realizado no Brasil para avaliar as exigências nutricionais entre as classes sexuais, sendo, no entanto, avaliado apenas a exigência de proteína para ganho (CARVALHO et al., 2000).

Além do que foi supracitado, observa-se também que não existem estudos publicados sobre as exigências nutricionais de ovinos SPRD, embora, estes representem a maior parte do rebanho da região Nordeste, onde se encontra o maior efetivo de ovinos do Brasil (SELAIVE-VILLARROEL; SOUZA JÚNIOR, 2005).

### **2.3.1 COMPOSIÇÃO CORPORAL**

O conhecimento da composição corporal e do ganho de peso é de suma importância para a determinação das exigências nutricionais, uma vez que estas são diretamente relacionadas (RESENDE, 1989). Alguns fatores podem afetar a composição corporal, tais como: condição fisiológica (crescimento, gestação ou lactação), sexo, raça, nível nutricional, peso corporal e idade (ARC, 1980). Em ovinos, outra característica que pode afetar a composição corporal é a presença ou não de lã, pois, geralmente, os animais lanados apresentam maior e menor deposição de gordura e água, respectivamente, em comparação aos deslanados (RESENDE et al., 2005).

Os principais componentes químicos determinados na análise de composição corporal são: água, proteína, gordura e minerais. À medida que a maturidade avança, ocorre aumento na proporção de gordura e concomitante decréscimo nas concentrações de água, proteína e minerais no corpo animal (AFRC, 1993). Em relação à influência da classe sexual sobre a composição corporal de ovinos, observa-se que as fêmeas depositam mais gordura e menos água e proteína no corpo em comparação aos machos castrados e inteiros (KEMP et al., 1976; FERRELL et al., 1979; RODRÍGUEZ, et al., 2008). Esta diferença é atribuída aos distintos pesos de maturidade corporal, uma vez que os machos inteiros apresentam maior peso de maturidade corporal, comparados às fêmeas do mesmo genótipo e idade (BUTTERFIELD, 1988).

A composição corporal pode ser predita por métodos diretos e indiretos. Os métodos indiretos são realizados por meio de parâmetros de mais fácil obtenção em comparação com os métodos diretos, e, entre os principais métodos indiretos utilizados para estimar a composição corporal, destacam-se a gravidade específica, água tritiada, diluição de uréia e a ultra-sonografia (REZENDE et al., 2005). Os métodos diretos consistem na separação e dissecação de todas as partes do corpo dos animais (músculo, gordura e ossos), e subsequente determinação dos constituintes físicos e químicos (MARCONDES et al., 2010). De acordo com o ARC (1980), os métodos diretos são os mais precisos e confiáveis para determinar a composição corporal.

O método do abate comparativo desenvolvido por Lofgreen e Garret (1968) é o principal método direto utilizado para determinar a composição do ganho de peso corporal, e conseqüentemente, a exigência líquida de ganho de ruminantes. Por este método, os animais são divididos em dois grupos, em que um deles é abatido no

início do experimento (grupo referência), sendo a composição corporal deste utilizada para estimar a composição corporal inicial do grupo abatido no final (grupo de abate final). A partir da diferença entre a composição corporal final e inicial é determinada a composição corporal do ganho, que é utilizada para estimar a exigência líquida de ganho.

Na literatura nacional, são escassos e recentes os estudos sobre a composição corporal de ovinos de diferentes classes sexuais (CARVALHO et al., 2000) e criados em clima semiárido (GONZAGA NETO et al., 2005; SILVA et al., 2010; REGADAS FILHO et al., 2011). Além disso, apesar dos cordeiros SPRD representarem a maior parte do rebanho ovino da região Nordeste, não foram encontradas informações sobre a composição corporal destes animais.

### **2.3.2 ENERGIA**

A energia é definida como o potencial para a realização de trabalho e pode ser apresentada a partir das seguintes formas: energia bruta (EB), energia digestível (ED), energia metabolizável (EM) e energia líquida (EL) (NRC, 1996). A EL é definida como a quantidade de energia disponível para as atividades de manutenção e para as funções produtivas, sendo a mesma, subdividida em energia líquida de manutenção (ELm) e energia líquida de ganho (ELg), em função de diferenças na eficiência energética para cada finalidade (MARCONDES et al., 2010).

A exigência de energia para manutenção tem sido definida como a quantidade de energia do alimento ingerido, que não resultará nem em perdas e nem em ganhos de energia para os tecidos do corpo animal. Os processos ou funções relacionadas com as demandas de energia para a manutenção incluem a regulação da temperatura corporal, os processos metabólicos e a atividade física (NRC, 1996).

De acordo com o NRC (1985), a exigência de ELm corresponde à produção de calor (PC), oriunda da energia perdida no metabolismo basal e do calor produzido com as atividades dos animais na ausência de consumo alimentar. Contudo, segundo Paulino (2006), na prática é impossível manter animais sem alimentação. Sendo assim, o calor produzido pelos animais em diferentes níveis de consumo pode ser mensurado, e, extrapolando o consumo de energia metabolizável (CEM)

para o nível zero, pode-se estimar a PC em jejum. Um sistema para expressar a exigência de ELM foi desenvolvido por Lofgreen e Garrett (1968). Este sistema é baseado no abate comparativo, no qual, o CEM e a energia retida (ER) são mensurados, e por diferença, a PC é estimada.

A exigência de energia para manutenção pode variar com o tamanho corporal, raça ou genótipo, sexo, idade, estação do ano, temperatura, atividade e a nutrição prévia (NRC, 2007). Em relação à classe sexual, o NRC (2007) e o CSIRO (2007) consideram que machos inteiros apresentam metabolismo basal 15% superior às fêmeas e aos machos castrados, que são similares entre si. Essa diferença está associada com a composição corporal e a idade a maturidade, uma vez que, os machos alcançam a maturidade corporal mais tardiamente em comparação às fêmeas, e desta forma, apresentam maior deposição corporal de proteína, e conseqüentemente, maior taxa de turnover protéico, que representa grande parte dos custos energéticos de manutenção (FERRELL et al., 1979; GARRET, 1980; BUTTERFIELD et al., 1988; RODRÍGUEZ et al., 2008).

Além disso, a maior retenção de proteína em cordeiros inteiros também pode ser atribuída à ação anabólica da testosterona, que proporciona crescimento hipertrófico das fibras musculares (LOBLEY et al., 1990), sendo observado aumento significativo na PC de ovinos machos castrados, após terem recebido infusão de testosterona (LOBLEY et al., 1987).

Na literatura disponível e consultada, não foram encontrados trabalhos realizados no Brasil avaliando o efeito do sexo em relação à exigência de energia de manutenção de ovinos. As exigências de ELM determinados por ensaios experimentais com ovinos criados nas condições de clima brasileiro, são em geral, inferiores aos valores preconizados pelos comitês de alimentação internacionais. De acordo com Gonzaga Neto et al. (2005), a exigência de ELM de cordeiros da raça Morada Nova foi de 52,49 kcal/kg de peso corporal vazio metabólico ( $PCVZ^{0,75}/d$ ), sendo 15,6% inferior ao valor predito pelo ARC (1980). Resultado semelhante foi relatado por Regadas Filho (2009) para ovinos da raça Santa Inês, que apresentaram exigência de ELM de 50,72 Kcal/kg de  $PCVZ^{0,75}/d$ , sendo este valor, inferior aos recomendados pelo NRC (1985), CSIRO (1990) e AFRC (1993).

O peso de maturidade corporal e a composição corporal, podem ser um dos fatores responsáveis por esta variação nos valores de exigência de ELM entre os animais nativos do Brasil e os ovinos utilizados nos estudos bases dos comitês

internacionais de alimentação animal. De acordo com Early et al. (2001a), os animais nativos de clima quente apresentaram menor concentração de água e maior conteúdo de gordura no corpo em comparação aos de clima temperado, sendo este resultado, explicado pelas diferenças de peso a maturidade, em que os ovinos de raças de clima tropical apresentam menor peso de maturidade corporal em comparação aos de raças de clima temperado. Segundo Galvani et al. (2008), a atividade metabólica do tecido protéico é maior que a apresentada pelo tecido corporal adiposo, podendo explicar desta forma, a maior exigência de ELm de animais de raças tardias, uma vez que estes depositam mais tecido protéico no corpo. Ferrell et al. (1979) estimaram o custo energético para manter um grama de proteína e gordura no corpo de ovinos e os valores foram 0,23 e 0,01 kcal/d, respectivamente.

A exigência de energia líquida para ganho (ELg) ou crescimento pode ser obtida, a partir da mudança no conteúdo de energia no corpo de animais alimentados com diferentes níveis de ingestão de energia, durante um período pré-estabelecido (RESENDE et al., 2005). De acordo com o NRC (1985), a demanda de energia para a deposição de tecido reflete as proporções de gordura e proteína depositados no ganho. A gordura e a proteína contêm, respectivamente, 9,367 e 5,686 kcal de energia por grama (NRC, 1996).

Desta forma, quando há alterações nas proporções de proteína e gordura depositadas no ganho de peso, ocorrem mudanças na concentração de energia do ganho. A taxa de ganho e o peso corporal são os principais fatores que afetam a composição do ganho de peso, e conseqüentemente, a exigência de ELg (NRC, 1996). À medida que aumenta a taxa de ganho de peso, diminui a eficiência na deposição de proteína no ganho, com aumento na retenção de gordura. Sendo assim, ocorre um acréscimo da energia retida no ganho, e desta forma, maior exigência de ELg. Além disso, quando os animais saem da fase de crescimento e atingem a maturidade fisiológica, ocorre uma menor deposição de proteína no ganho e um aumento na deposição de gordura corporal, com conseqüente acréscimo da energia retida no ganho de peso e elevação da exigência de ELg (ARC, 1980; NRC, 1985).

Neste contexto, além do efeito do nível de consumo de energia sobre a taxa de ganho, e conseqüentemente, sobre a composição do ganho, outros fatores, tais como: a idade, o genótipo e a classe sexual também podem afetar a composição do

ganho e a exigência de ELg de ovinos, sendo estes, relacionados com diferenças de maturidade corporal (NRC, 2007). Em relação ao genótipo, geralmente observa-se que as raças de clima tropical apresentam menor peso de maturidade corporal, ocasionando maior deposição de gordura no ganho e maior exigência de ELg em comparação com as raças de clima temperado, que apresentam maturidade mais tardia (EARLY et al., 2001ab; GALVANI et al., 2008; REGADAS FILHO, 2009).

A classe sexual é outra variável importante que afeta a composição do ganho corporal, e conseqüentemente, a exigência de ELg. De acordo com o ARC (1980), as fêmeas atingem a maturidade fisiológica corporal mais precocemente em comparação aos machos castrados, os quais são mais precoces em relação aos machos inteiros. Sendo assim, ocorre maior deposição de gordura no ganho de peso das fêmeas em comparação aos machos da mesma raça e idade, e desta forma, a energia retida no ganho é maior nas fêmeas em relação aos machos (BULL et al., 1970; FERREL et al., 1979). Estudos avaliando a influência da classe sexual sobre as exigências de ELM e ELg de ovinos SPRD, mantidos em condições de clima semiárido brasileiro, não foram encontradas na literatura disponível e consultada.

### **2.3.3 PROTEÍNA**

A proteína é de suma importância para o organismo animal, devido a sua participação na formação e manutenção de tecidos, na contração muscular, no transporte de nutrientes e na síntese de hormônios e enzimas (PINA et al., 2010). As exigências de proteína podem ser afetadas pelo sexo, raça, ganho de peso e idade, que são responsáveis por alterações na composição corporal (ARC, 1980; AFRC, 1993).

O suprimento das exigências protéicas de ruminantes é alcançado por meio da proteína metabolizável (PM), que corresponde à quantidade de aminoácidos absorvidos no intestino delgado oriundos da proteína microbiana, da proteína não degradada no rúmen (PNDR) e da secreção endógena (REGADAS FILHO et al., 2011). As exigências de PM foram baseadas por meio do método fatorial (NRC, 1985), no qual, os fatores incluídos foram às perdas metabólicas fecais; endógenas urinárias; perdas dérmicas por descamação e pêlos; crescimento ou ganho de peso;

crescimento fetal e produção de leite, sendo que, as perdas metabólicas fecais, urinárias e dérmicas por descamação e pêlos representam a exigência de proteína líquida de manutenção (PLm) (NRC, 2007).

A exigência de PLm tem sido estimada por meio de equação de regressão entre o nitrogênio retido e a ingestão de nitrogênio. O intercepto negativo da equação corresponde às perdas de nitrogênio quando o consumo de nitrogênio é igual à zero (SILVA et al., 2003; GONZAGA NETO et al., 2005). Galvani et al. (2009) relataram que as perdas de nitrogênio em ovinos 11/16 Texel X 5/16 Ile de France foram 30,5% inferiores aos valores estimados pelo AFRC. Resultado semelhante foi descrito por Regadas Filho et al. (2011), que estimaram perdas de nitrogênio 26% inferiores ( $277 \text{ mg/kg}^{0,75}/\text{d}$ ) ao valor preconizado pelo AFRC (1993) ( $350 \text{ mg/kg}^{0,75}/\text{d}$ ).

De acordo com Galvani et al. (2009) e Regadas Filho et al. (2011), a discrepância apresentada acima para os valores de PLm, pode ser atribuída, em parte, às diferentes metodologias utilizadas na estimativa das perdas de nitrogênio. Nos estudos destes autores, as perdas foram estimadas por meio de equação de regressão entre a retenção de nitrogênio e o consumo de nitrogênio. Por outro lado, o AFRC (1993) utilizou estudos com animais em jejum submetidos à infusão intragástrica de nitrogênio, e, por este método, pode ocorrer superestimação das perdas de nitrogênio, devido à ausência de flora microbiana ativa no rúmen, em decorrência do jejum, que pode acarretar em não recuperação de nitrogênio reciclado através do rúmen. Outros sistemas de alimentação utilizam equações empíricas para estimar o nitrogênio excretado nas fezes e urina e as perdas por descamação e pêlos, e a partir da soma destes, estimam a exigência de PLm (CANNAS et al., 2004; NRC, 2007).

Apesar de não existirem muitos estudos avaliando a influência do sexo sobre a exigência de PLm, o NRC (2007) sugere que a diferença entre gêneros pode estar relacionada, principalmente, com a concentração protéica nos tecidos corporais, que é acrescentada e mantida, como um reflexo do estágio de maturidade e da taxa de crescimento. Ainda de acordo com este comitê, é esperada maior excreção urinária endógena de nitrogênio em animais com carcaça mais magra, com maior teor proteico, em comparação aos animais de carcaças mais gordurosas. Apesar disso, não existem recomendações específicas para a exigência de PLm entre as classes sexuais.

A exigência de proteína líquida para o ganho (PLg) pode ser determinada pela quantidade total de proteína retida (PR) no corpo do animal em um determinado ganho. Geralmente, observa-se que, com o aumento do peso corporal e com maiores taxas de ganho de peso, menor é a eficiência de utilização de proteína para o ganho, com maior deposição de gordura no corpo e no ganho de peso corporal (ARC, 1980). De acordo com o NRC (2007), quanto maior é a concentração de energia no ganho de peso, menor é a concentração de proteína no ganho.

Nos estudos realizados no Brasil com raças de cordeiros nativas de clima tropical, para avaliar a exigência de proteína de ganho, foram determinados valores inferiores aos preconizados pelo ARC (1980) e pelo AFRC (1993), sendo esta discrepância, atribuída às diferenças de maturidade corporal, uma vez que, os animais utilizados nos estudos bases dos comitês internacionais são de maturidade tardia, ou seja, apresentam deposição de proteína mais elevada no ganho de peso, em comparação aos nativos de clima tropical, que apresentam maturidade corporal mais precoce (SILVA et al., 2007; REGADAS FILHO et al., 2011).

A classe sexual é outro fator que pode afetar a exigência de proteína para o ganho de peso de animais com a mesma idade e raça. Os machos inteiros apresentam maiores exigências em relação aos castrados, e estes, em relação às fêmeas, sendo esta diferença, explicada em função dos machos inteiros depositarem mais proteína no ganho de peso em comparação aos castrados e as fêmeas (ARC, 1980). Andrews e Ørskov (1970) descreveram que cordeiros machos apresentaram maior e menor quantidade de proteína e gordura na carcaça, respectivamente, em comparação às fêmeas. De acordo com Kemp et al. (1976), as fêmeas F1 Hampshire x (Sulffolk x Rambouillet) apresentaram maior teor de gordura na carcaça em relação aos machos castrados. Por outro lado, de acordo com Carvalho et al. (2000), a composição corporal e a exigências de PLg não diferiram entre cordeiros F1 Texel x (Texel x Ideal) machos inteiros, machos castrados e fêmeas. Na literatura nacional e internacional não foram encontrados trabalhos avaliando a influência das classes sexuais em relação às exigências de PLm e PLg de ovinos SPRD, mantidos em condições de clima semiárido.

### 3. ARTIGO 1

#### **Digestibilidade, comportamento ingestivo e desempenho de cordeiros sem padrão racial definido de diferentes classes sexuais submetidos à restrição alimentar**

**Resumo:** Objetivou-se avaliar o efeito de diferentes níveis de alimentação e de classes sexuais sobre o consumo, a digestibilidade, o comportamento alimentar e o desempenho de cordeiros sem padrão racial definido (SPRD). Foram utilizados 45 animais de três classes sexuais (15 machos inteiros, 15 machos castrados e 15 fêmeas), com peso corporal médio inicial de  $18,1 \pm 0,4$  kg e cinco meses de idade. Os animais foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3x3, sendo três classes sexuais e três níveis de alimentação: alimentação à vontade (balanço energético positivo), restrição alimentar de 70% (nível de manutenção) e restrição alimentar de 80% do consumo à vontade (balanço energético negativo). A dieta com relação volumoso:concentrado de 40:60 foi constituída de capim elefante e concentrado. Para todas as variáveis estudadas, não houve efeito de classe sexual e nem interação de classe sexual com os níveis de alimentação ( $P>0,05$ ). Animais submetidos à restrição alimentar apresentaram menor consumo de nutrientes ( $P<0,05$ ). Por outro lado, o valor de digestibilidade aparente dos nutrientes foi superior nos cordeiros submetidos à restrição alimentar ( $P<0,05$ ). Os tempos gastos com as atividades de alimentação e ruminação foram superiores no tratamento à vontade, porém, quando relacionado à quantidade de alimento consumida, os animais do tratamento de restrição alimentar apresentaram maior tempo de ruminação por cada unidade de matéria seca ingerida ( $P<0,05$ ). O ganho de peso e a eficiência alimentar foram inferiores nos cordeiros submetidos à restrição alimentar ( $P<0,05$ ). A classe sexual não afeta o consumo, a digestibilidade, o comportamento ingestivo e o desempenho de cordeiros SPRD. A restrição alimentar afeta a digestibilidade dos nutrientes, o comportamento ingestivo e reduz o desempenho dos animais.

**Palavras-chave:** adaptação. consumo. escassez de alimentos. ovinos. semiárido.

## **Digestibility, feeding behavior and performance of non-descript breed lambs of different sexual classes subjected to feed restriction**

**Abstract:** The aim of this experiment was to evaluate the effect of different feeding levels: ad libitum feeding (positive energy balance), 70% feed restriction (maintenance level) and feed restriction of 80% of ad libitum intake (negative energy balance) and sexual classes (intact males, castrated males and females) on intake, digestibility, feeding behavior and performance. Forty five non-descript breed lambs were used (15 intact males, 15 castrated males and 15 females). The average age and initial body weight were five months and  $18.1 \pm 0.4$  kg, respectively. The design was completely randomized in a factorial 3X3 with five repetitions. The diet was composed of elephant grass and concentrate with a roughage:concentrate ratio of 40:60. There was no difference between the sexual classes ( $P>0.05$ ) and there was no interaction ( $P>0.05$ ) of the sexual class with the levels of feed for the variables analyzed. Animals kept in feed restriction had lower nutrient intake ( $P<0.05$ ). However, the total apparent digestibility was higher for lambs with feed restriction ( $P<0.05$ ). The time spent on eating and ruminating activities were higher in the treatment ad libitum, but when related to the amount of feed ingested, the animals kept in feed restriction had higher rumination time per unit of dry matter ingested ( $P<0.05$ ). Weight gain and feed efficiency were lower in lambs kept in feed restriction ( $P<0.05$ ). Sexual class does not affect the intake, digestibility, ingestive behavior and performance of non-descript breed lambs. Feed restriction affects nutrient digestibility, ingestive behavior and reduces animal performance.

**Keywords:** adaptation. feed scarcity. intake. semi-arid. sheep.

## 1. Introdução

A região Nordeste apresenta o maior rebanho de ovinos do Brasil com 56,7% do efetivo nacional (IBGE, 2010), sendo a ovinocultura uma das principais atividades econômicas do semiárido nordestino, direcionada principalmente para a produção de carne (Silva et al., 2010), que atende grande parte da demanda de proteína de origem animal da população da região, além de ser uma das mais importantes fontes de renda à agricultura familiar (Nascimento et al., 2010). Apesar disso, devido, principalmente, à sazonalidade e às secas periódicas, que impõem severas restrições de forragens, e conseqüentemente, à produção de pequenos ruminantes, o desempenho produtivo dos rebanhos é considerado baixo.

Dentre os parâmetros nutricionais que afetam o desempenho animal, destaca-se o consumo alimentar, pois, a partir dele, o animal receberá a quantidade de nutrientes necessários para o crescimento, saúde e produção (Silva, 2011). Desta forma, as limitações no consumo de alimentos podem impedir que as exigências nutricionais dos animais sejam supridas, principalmente, em relação às exigências de manutenção, que representam a maior parte da demanda de nutrientes, podendo causar ineficiência dos processos produtivos e reduzir as taxas de crescimento (Azevêdo et al., 2010).

Apesar da importância do consumo em descrever a quantidade de nutrientes ingeridos pelos animais, somente a utilização do seu valor não é capaz de estabelecer o valor biológico do alimento. Sendo assim, para a avaliação mais precisa de uma dieta, é necessário o conhecimento da sua digestibilidade, que representa a quantidade de nutrientes ingeridos disponíveis para serem absorvidos e utilizados nas diferentes atividades fisiológica dos animais, como manutenção, crescimento corporal, gestação e lactação (Lana, 2005). Dentre os fatores que afetam a digestibilidade dos alimentos, destacam-se a taxa de degradação ruminal e a taxa de passagem da dieta pelo trato digestivo, sendo a última, diretamente influenciada pelo nível de alimentação (Silva, 2011).

O comportamento alimentar é outro aspecto nutricional utilizado para avaliar as respostas dos animais aos diferentes manejos alimentares (Ribeiro et al., 2006). As diversas condições de alimentação podem modificar os parâmetros de comportamento ingestivo dos ruminantes, e, entre estas condições, destaca-se a restrição alimentar, que pode causar alterações no comportamento ingestivo dos

animais para minimizar os efeitos da reduzida disponibilidade de nutrientes sobre o seu metabolismo (Carvalho et al., 2006; Clauss et al., 2010; Forbes, 2007; Van Soest, 1994).

O desempenho produtivo de cordeiros de corte pode ser avaliado, principalmente, por meio do ganho médio diário (GMD) e da eficiência alimentar (EA), que entre outros fatores, podem ser influenciados pelo nível de alimentação e pela classe sexual dos animais. Os ovinos alimentados à vontade apresentam maior GMD e EA em comparação aos submetidos à restrição alimentar (Pereira Filho et al., 2005). Além disso, machos inteiros apresentam maior GMD e EA em relação aos machos castrados e fêmeas (Jenkins et al., 1988; Schanbacher et al., 1980).

Apesar de ser bastante mencionado o efeito negativo da restrição de oferta de forragens sobre a produção animal no semiárido brasileiro, durante as prolongadas estiagens que ocorrem na região, existem poucas informações concretas relativas às respostas metabólicas, comportamentais e produtivas de cordeiros quando submetidos à restrição alimentar. Além disso, estudos sobre o desempenho produtivo entre classes sexuais, nas condições de semiárido e com animais sem padrão racial definido (SPRD) são escassos. Desta forma, objetivou-se avaliar o efeito de diferentes níveis de oferta de alimentos e de classes sexuais sobre o consumo, a digestibilidade, o comportamento alimentar e o desempenho de cordeiros SPRD.

## **2. Materiais e Métodos**

### **2.1 Local do estudo**

O experimento foi realizado no Setor de Produção Animal e no Laboratório de Bromatologia e Nutrição Animal do Campus de Ciência Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF, localizado no município de Petrolina, Estado de Pernambuco. O clima predominante da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Bsh, caracterizado por temperaturas elevadas, baixa umidade do ar, elevadas taxas de evaporação, e, especialmente, pela escassez e irregularidade acentuada na distribuição de chuvas (Ferreira et al., 2009). De acordo com o Laboratório de Meteorologia e Bioclimatologia da UNIVASF, durante o período de alimentação dos animais, de maio a julho de 2010, a temperatura média diária foi de 25°C e a umidade média relativa do ar foi de 62,7%.

### **2.2 Animais, tratamentos, alimentação e desempenho**

Foram utilizados 45 cordeiros SPRD de três classes sexuais (15 machos inteiros, 15 machos castrados e 15 fêmeas), com peso corporal inicial de  $18,1 \pm 0,4$  kg e cinco meses de idade média. Os cordeiros foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3x3, sendo três classes sexuais e três níveis de oferta de alimentos, com cinco repetições.

Os animais foram submetidos a um período de 30 dias de adaptação às instalações e à dieta experimental, sendo, pesados, identificados e tratados contra ecto e endoparasitas. Os machos castrados já foram adquiridos nesta condição e a castração foi realizada com a utilização de burdizzo, quando os animais tinham, aproximadamente, três meses de idade.

Os diferentes níveis de oferta de alimentos objetivaram proporcionar diferentes níveis de balanço energético aos animais. Os níveis de oferta de alimentos foram os seguintes: alimentação à vontade (balanço energético positivo); restrição de 70% do consumo à vontade (nível de manutenção) e restrição de 80% do consumo à vontade (balanço energético negativo). A restrição alimentar foi calculada de acordo com o consumo observado na última semana do período de adaptação e a quantidade fornecida foi ajustada em função do peso corporal dos animais.

A dieta foi oferecida na forma de ração completa e tinha 20,39% de proteína bruta (PB) na matéria seca (MS) e 1,94 Mcal de energia metabolizável (EM) por kg de MS, formulada de acordo com as recomendações do NRC (2007) para machos inteiros de quatro meses de idade, de maturidade tardia e consumo à vontade, com 20 kg de peso corporal e GMD de 300 g animal<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, sendo constituída de capim elefante *in natura* picado (*Pennisetum purpureum*) e concentrado a base de milho moído e farelo de soja (Tabelas 1 e 2), com relação volumoso:concentrado de 40:60, sendo ofertada aos animais duas vezes ao dia às 8 e às 15 h.

**Tabela 1** Matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN) e carboidratos não fibrosos (CNF) dos alimentos utilizados na dieta em porcentagem

Alimentos	MS	<sup>a</sup> MM	<sup>a</sup> MO	<sup>a</sup> PB	<sup>a</sup> EE	<sup>a</sup> FDN	<sup>a</sup> CNF
Capim elefante	24,0	9,9	90,1	5,3	3,1	72,0	9,7
Farelo de soja	90,1	7,2	92,8	51,0	0,8	11,2	30,1
Milho moído	90,2	1,3	98,7	10,3	2,7	16,6	69,1

<sup>a</sup> % da matéria seca.

**Tabela 2** Proporção dos ingredientes e composição bromatológica da dieta

Ingredientes na dieta	
Capim elefante (% MS)	40,0
Milho moído (% MS)	28,56
Farelo de Soja (% MS)	29,52
Cloreto de sódio (% MS)	0,54
<sup>a</sup> Premix comercial (% MS)	1,11
Uréia (% MS)	0,27
Nutrientes da dieta	
Matéria seca (%)	63,82
Matéria orgânica (% MS)	91,95
Matéria mineral (% MS)	6,94
Proteína bruta (% MS)	20,39
Extrato etéreo (% MS)	2,27
Fibra em detergente neutro (% MS)	36,90
Carboidratos não fibrosos (% MS)	32,87
<sup>b</sup> Energia digestível (Mcal kg <sup>-1</sup> de MS)	2,37
<sup>b</sup> Energia metabolizável (Mcal kg <sup>-1</sup> de MS)	1,94

<sup>a</sup> Contém 240 g kg<sup>-1</sup> de Ca; 71 g kg<sup>-1</sup> de P; 28,2 g kg<sup>-1</sup> de K; 20 g kg<sup>-1</sup> de S; 20 g kg<sup>-1</sup> de Mg; 30 mg kg<sup>-1</sup> de Co; 400 mg kg<sup>-1</sup> de Cu; 250 mg kg<sup>-1</sup> de Fe; 1.350 mg kg<sup>-1</sup> de Mn; 15 mg kg<sup>-1</sup> de Se; 1.700 mg kg<sup>-1</sup> de Zn; 40 mg kg<sup>-1</sup> de I; 10 mg kg<sup>-1</sup> de Cr; 710 mg kg<sup>-1</sup> de F; 135.000 UI kg<sup>-1</sup> de vitamina A; 68.000 UI kg<sup>-1</sup> de vitamina D3 e 450 UI kg<sup>-1</sup> de vitamina E; <sup>b</sup> Médias de energia digestível e energia metabolizável no nível de alimentação à vontade calculadas de acordo com o NRC (2001) e o NRC (1996), respectivamente.

Os cordeiros foram confinados por 58 dias, após o período de adaptação, divididos em dois períodos experimentais de 29 dias, onde os animais eram pesados antes da alimentação, em balança digital, para a determinação do GMD e da EA. Os animais foram alojados em baias individuais cobertas, providas de comedouro e bebedouro, e com piso de concreto. Para os cordeiros do tratamento à vontade, foram permitidas sobras de em torno de 20%. Os animais tiveram acesso à água fresca à vontade. A quantidade de ração oferecida e as sobras foram pesadas em balança digital e registradas diariamente para o cálculo de consumo. Amostras do concentrado e do capim elefante ofertados e das sobras foram coletadas e congeladas em freezer a  $-20^{\circ}\text{C}$ , sendo, posteriormente, elaboradas amostras compostas das sobras de cada animal e dos alimentos. Em seguida, as amostras compostas foram pré-secas em estufa de ventilação forçada a  $55^{\circ}\text{C}$  por 72 h, moídas em moinho de facas (Marconi, MA-580, Piracicaba, Brasil) com peneira contendo crivos de 1 mm e armazenadas em recipientes de plástico fechado para as posteriores análises.

### **2.3 Digestibilidade e consumo de energia**

A fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) foi utilizada como indicador interno para estimar a produção total de fezes. As amostras de fezes foram coletadas diretamente da ampola retal dos animais às 8:00 h do dia 15, às 12 h do dia 17 e às 16:00 h do dia 19 de cada período experimental de 29 dias (Chizzotti et al., 2007). Em seguida, as amostras de fezes foram pré-secas a  $55^{\circ}\text{C}$  e moídas com granulometria de 1 mm, sendo elaborada, posteriormente, uma amostra composta de fezes de cada animal obtida durante os dois períodos de coleta. As amostras de alimentos, sobras e fezes foram incubadas no rúmen de um bovino fistulado durante 240 h, em sacos de tecido não tecido ( $100\text{ g m}^{-2}$ ), em duplicata (Casali et al., 2008). Após a incubação, os sacos foram lavados com água e fervidos em detergente neutro por uma hora, em autoclave, e, em seguida, novamente lavados, com água destilada e acetona, para posterior secagem em estufa a  $55^{\circ}\text{C}$  por 72 h. A produção de MS fecal foi obtida dividindo-se o consumo de FDNi pela concentração de FDNi nas fezes (Cochran et al., 1986).

As análises bromatológicas foram realizadas conforme a metodologia descrita pela AOAC (1990), sendo determinados os teores de MS, após 12 h em estufa a

105°C; matéria mineral (MM), após combustão completa em forno mufla a 600°C por 6 h; matéria orgânica (MO), obtida pela seguinte fórmula:  $MO = 100 - \%MM$ ; PB, utilizando o método Micro Kjeldahl; e extrato etéreo (EE), por meio do extrator de gordura XT10 (ANKOM Technology Corp., Fairport, USA) nos alimentos, sobras e fezes. As concentrações de fibra em detergente neutro (FDN) nos ofertados, sobras e fezes foram determinadas conforme metodologia descrita por Pell e Schofield (1993). Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram calculados utilizando a seguinte fórmula (Hall, 2000):  $CNF = 100 - (\%MM + \%PB + \%EE + \%FDN)$ .

O coeficiente de digestibilidade (CD) dos nutrientes foi calculado por meio da seguinte fórmula:  $CD \text{ nutriente } (\%) = 100 \times [100 - (\% \text{ de } FDN_i \text{ consumido} / \% \text{ de } FDN_i \text{ nas fezes}) \times (\% \text{ do nutriente nas fezes} / \% \text{ do nutriente consumido})]$ . O consumo de nutrientes digestíveis totais (CNDT) foi obtido de acordo com Sniffen et al. (1992), utilizando a seguinte fórmula:  $CNDT \text{ (kg)} = PBD + FDND + CNFD + (2,25 \times EED)$ , em que, PBD, FDND, CNFD e EED significam, respectivamente, proteína bruta digestível, fibra em detergente neutro digestível, carboidratos não fibrosos digestíveis e extrato etéreo digestível (kg). O consumo de energia digestível (CED) foi estimado a partir da seguinte fórmula (NRC, 2001):  $CED \text{ (Mcal)} = (PBD \times 5,6) + (FDND \times 4,2) + (CNFD \times 4,2) + (EED \times 9,4)$ . O consumo de energia metabolizável (CEM) foi considerado como sendo 82% do CED (NRC, 1996). Os valores de CNDT, CED e CEM foram divididos pelo consumo de matéria seca (CMS) dos animais para o cálculo das concentrações energéticas em cada nível de oferta de alimentos.

## 2.4 Comportamento ingestivo

A avaliação do comportamento ingestivo foi realizada por meio de visualização individual dos animais, em intervalos de 10 minutos, durante 24 h (Johnson e Combs, 1991). As observações foram realizadas no 14º dia de cada período experimental. Foram registrados os tempos de ruminação, ócio e de ingestão de alimentos. Durante a observação noturna dos animais, o ambiente foi mantido com iluminação artificial. As eficiências de ingestão (EI) e de ruminação (ERU) da MS e da FDN e o tempo de mastigação total (TMT) foram calculados conforme a metodologia descrita por Burger et al. (2000), utilizando as seguintes fórmulas:

$$EIMS = CMS/TI;$$

$$EIFDN = CFDN/TI;$$

$$\text{ERMS} = \text{CMS}/\text{TR};$$

$$\text{ERFDN} = \text{CFDN}/\text{TR};$$

$$\text{TMT} = \text{TI} + \text{TR};$$

Sendo, EIMS = eficiência de ingestão da MS ( $\text{g h}^{-1}$ ); EIFDN = eficiência de ingestão da FDN ( $\text{g h}^{-1}$ ); ERMS = eficiência de ruminação da MS ( $\text{g h}^{-1}$ ); ERFDN = eficiência de ruminação da FDN ( $\text{g h}^{-1}$ ); CMS = consumo de matéria seca ( $\text{g d}^{-1}$ ); TI = tempo gasto com a atividade de ingestão diária (h); CFDN = consumo de fibra em detergente neutro ( $\text{g d}^{-1}$ ); e TR = tempo gasto diariamente com a ruminação (h). O tempo de ruminação também foi expresso em minutos por grama de FDN ingerida (Galvani et al., 2010).

## 2.5 Análises estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas por meio do SAS (2003), utilizando o PROC GLM, com nível de significância de 5%, conforme o seguinte modelo estatístico:  $Y = \mu + \alpha + \beta + \alpha\beta + e$ , sendo:  $\mu$  = média;  $\alpha$  = efeito do nível de alimentação;  $\beta$  = efeito da classe sexual;  $\alpha\beta$  = interação do nível de alimentação com a classe sexual e  $e$  = erro aleatório.

### 3. Resultados

#### 3.1 Consumo

Em relação ao CMS, consumo de matéria seca em porcentagem do peso corporal (CMS%PC), consumo de matéria mineral (CMM), consumo de matéria orgânica (CMO), consumo de proteína bruta (CPB), consumo de fibra em detergente neutro (CFDN) e ao consumo de carboidratos não fibrosos (CCNF), não houve efeito de classe sexual e nem interação de classe sexual com o nível de alimentação ( $P>0,05$ ). Por outro lado, houve efeito ( $P<0,05$ ) do nível de alimentação para todas essas variáveis, sendo os maiores valores de CMS e de consumo de nutrientes apresentados pelos animais alimentados à vontade, seguidos dos submetidos à restrição de 70%, que foram maiores em comparação aos mantidos com restrição de 80% (Tabela 3).

**Tabela 3** Consumos diários de matéria seca (CMS), matéria seca em porcentagem do peso corporal (CMS%PC), matéria mineral (CMM), matéria orgânica (CMO), proteína bruta (CPB), fibra em detergente neutro (CFDN), extrato etéreo (CEE) e de carboidratos não fibrosos (CCNF) de ovinos alimentados à vontade (AV) e com restrições de 70 e 80% do consumo à vontade

Variável	Nível de alimentação			Valor de P
	AV	70%	80%	
CMS (kg)	1,17a ± 0,02	0,35b ± 0,01	0,24c ± 0,00	<0,0001
CMS (%PC)	4,04a ± 0,06	1,88b ± 0,04	1,52c ± 0,02	<0,0001
CMM (kg)	0,09a ± 0,00	0,03b ± 0,00	0,02c ± 0,00	<0,0001
CMO (kg)	1,10a ± 0,02	0,32b ± 0,01	0,21c ± 0,00	<0,0001
CPB (kg)	0,26a ± 0,00	0,07b ± 0,00	0,05c ± 0,00	<0,0001
CFDN (kg)	0,44a ± 0,01	0,14b ± 0,00	0,10c ± 0,00	<0,0001
CEE (kg)	0,02 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,7151
CCNF (kg)	0,36a ± 0,00	0,10b ± 0,00	0,07c ± 0,00	<0,0001

a, b, c - Médias na mesma linha seguidas por letras distintas diferem entre si no teste de Tukey; P - Probabilidade.

#### 3.2 Digestibilidade

Não houve efeito de classe sexual e nem interação de classe sexual com o nível de alimentação em relação aos coeficientes de digestibilidade e aos teores de nutrientes digestíveis totais (NDT), energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM) ( $P>0,05$ ). Por outro lado, houve diferenças ( $P<0,05$ ) entre os níveis de

alimentação. Os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDMS), matéria orgânica (CDMO), proteína bruta (CDPB), extrato etéreo (CDEE) e dos carboidratos não fibrosos (CDCNF) e o coeficiente de digestibilidade da fibra em detergente neutro (CDFDN) foram menores ( $P < 0,05$ ) para os animais alimentados à vontade em comparação aos valores apresentados pelos animais submetidos à restrição alimentar de 70 e 80%, que não diferiram entre si ( $P > 0,05$ ) (Tabela 4). Em relação às concentrações de NDT, ED e EM na dieta, foram obtidos valores inferiores ( $P < 0,05$ ) para o nível de alimentação à vontade em comparação aos apresentados pelos níveis de restrição alimentar de 70 e 80%, que não diferiram entre si ( $P > 0,05$ ) (Tabela 4).

**Tabela 4** Coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDMS), matéria orgânica (CDMO), proteína bruta (CDPB), extrato etéreo (CDEE) e de carboidratos não fibrosos (CDCNF); coeficiente de digestibilidade verdadeira da fibra em detergente neutro (CDFDN); e teores de nutrientes digestíveis totais (NDT), energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM) na dieta de ovinos alimentados à vontade (AV) e com restrições de 70 e 80% do consumo à vontade

Variável	Nível de alimentação			Valor de P
	AV	70%	80%	
CDMS (%)	53,4b ± 1,1	67,2a ± 0,4	67,6a ± 0,7	<0,0001
CDMO (%)	56,5b ± 1,0	69,6a ± 0,3	70,3a ± 0,7	<0,0001
CDPB (%)	58,9b ± 1,6	77,0a ± 0,8	80,3a ± 0,7	<0,0001
CDEE (%)	26,4b ± 1,5	52,7a ± 1,4	56,4a ± 1,8	<0,0001
CDCNF (%)	89,0b ± 1,0	94,0a ± 0,4	96,7a ± 0,5	0,0003
CDFDN (%)	28,4b ± 1,2	46,7a ± 0,9	44,8a ± 0,8	<0,0001
NDT (%)	52,0b ± 0,7	64,7a ± 0,6	65,5a ± 0,7	<0,0001
ED (Mcal kg <sup>-1</sup> MS)	2,37b ± 0,05	2,94a ± 0,05	2,97a ± 0,05	<0,0001
EM (Mcal kg <sup>-1</sup> MS)	1,94b ± 0,04	2,41a ± 0,04	2,44a ± 0,04	<0,0001

a, b - Médias na mesma linha seguidas por letras distintas diferem entre si no teste de Tukey; P - Probabilidade.

### 3.3 Comportamento ingestivo

O comportamento ingestivo dos animais não diferiu entre as classes sexuais e não houve interação de classes sexuais com os níveis de alimentação ( $P > 0,05$ ). Por outro lado, os níveis de alimentação influenciaram os valores dos parâmetros de comportamento ingestivo. O tempo médio gasto com as atividades de alimentação e de ruminação foram maiores ( $P < 0,05$ ) para os animais mantidos com alimentação à vontade, que conseqüentemente, apresentaram maior tempo de mastigação total (TMT) e menor tempo de ócio ( $P < 0,05$ ), em comparação aos animais submetidos

aos tratamentos de 70 e 80% de restrição alimentar, que não diferiram entre si ( $P>0,05$ ) (Tabela 5).

Não houve diferença ( $P>0,05$ ) entre os níveis de alimentação em relação aos valores de EIMS e EIFDN (Tabela 5). Por outro lado, os valores de ERMS e de ERFDN foram afetados pelos níveis de alimentação, sendo maiores ( $P<0,05$ ) com os animais alimentados à vontade em comparação aos submetidos às restrições de 70 e 80%, que não diferiram entre si ( $P>0,05$ ) (Tabela 5). Além disso, o nível de alimentação também influenciou ( $P<0,05$ ) o TRMS e o TRFDN, sendo os maiores valores observados com os animais submetidos à restrição alimentar de 80%. Por outro lado, os menores valores foram apresentados pelos cordeiros alimentados à vontade. Os ovinos mantidos com 70% de restrição apresentaram valores intermediários de TRMS e TRFDN (Tabela 5).

**Tabela 5** Tempo médio diário gasto com as atividades de alimentação, ócio e ruminação; tempo de mastigação total (TMT); eficiência de ingestão da matéria seca (EIMS) e da fibra em detergente neutro (EIFDN); eficiência de ruminação da matéria seca (ERMS) e da fibra em detergente neutro (ERFDN); e tempo de ruminação da matéria seca (TRMS) e da fibra em detergente neutro (TRFDN) de ovinos alimentados à vontade (AV) e com restrições de 70 e 80% do consumo à vontade

Variável	Nível de alimentação			Valor de P
	AV	70%	80%	
Alimentação (h)	4,0a ± 0,2	0,88b ± 0,0	0,93b ± 0,1	<0,0001
Ócio (h)	15,0b ± 0,5	20,1a ± 0,1	20,2a ± 0,2	<0,0001
Ruminação (h)	5,4a ± 0,3	3,0b ± 0,1	2,8b ± 0,2	<0,0001
TMT (h)	9,4a ± 0,4	3,9b ± 0,1	3,8b ± 0,2	<0,0001
EIMS (g h <sup>-1</sup> )	330 ± 24,5	441 ± 23,2	325 ± 25,0	0,0989
EIFDN (g h <sup>-1</sup> )	124 ± 8,8	179 ± 9,4	132 ± 10,0	0,0515
ERMS (g h <sup>-1</sup> )	259a ± 20,2	127b ± 8,5	98b ± 8,5	<0,0001
ERFDN (g h <sup>-1</sup> )	97a ± 7,4	52b ± 3,5	40b ± 3,4	<0,0001
TRMS (min g <sup>-1</sup> )	0,29c ± 0,02	0,53b ± 0,03	0,74a ± 0,04	<0,0001
TRFDN (min g <sup>-1</sup> )	0,74c ± 0,05	1,31b ± 0,07	1,81a ± 0,11	<0,0001

a, b, c - Médias na mesma linha seguidas por letras distintas diferem entre si no teste de Tukey; P - Probabilidade.

### 3.4 Desempenho

Não houve efeito de classe sexual e nem interação de classe sexual com o nível de alimentação sobre o peso corporal de abate (PCA), o ganho de peso corporal total (GPCT), o GMD e a EA dos cordeiros ( $P>0,05$ ). Por outro lado, os níveis de alimentação influenciaram o desempenho dos animais. O PCA, GPCT,

GMD e a EA foram maiores ( $P < 0,05$ ) para os ovinos alimentados à vontade (Tabela 6). Os animais submetidos à restrição de 70% apresentam menores valores de PCA, GPCT, GMD e EA, em comparação aos alimentados à vontade, porém, foram superiores ( $P < 0,05$ ) aos valores obtidos pelos cordeiros sob 80% de restrição (Tabela 6), que por sua vez, perderam peso e apresentaram valores negativos de GPCT, GMD e EA.

**Tabela 6** Peso corporal inicial (PCI), peso corporal de abate (PCA), ganho de peso corporal total (GPCT), ganho médio diário (GMD) e eficiência alimentar (EA) de ovinos alimentados à vontade (AV) e com restrições de 70 e 80% do consumo à vontade

Variável	Nível de alimentação			Valor de P
	AV	70%	80%	
PCI (kg)	18,1 ± 0,44	18,0 ± 0,43	18,1 ± 0,37	0,9950
PCA (kg)	29,1a ± 0,34	18,7b ± 0,38	15,5c ± 0,33	<0,0001
GPCT (kg)	11,1a ± 0,35	0,7b ± 0,35	-2,6c ± 0,22	<0,0001
GMD (kg d <sup>-1</sup> )	0,19a ± 0,01	0,01b ± 0,01	-0,05c ± 0,00	<0,0001
EA (kg GMD kg <sup>-1</sup> CMS)	0,17a ± 0,01a	0,04b ± 0,02	-0,19c ± 0,01	<0,0001

a, b, c - Médias na mesma linha seguidas por letras distintas diferem entre si no teste de Tukey; P - Probabilidade.

#### 4. Discussão

As diferenças de consumo entre os níveis de alimentação podem ser explicadas devido às distintas disponibilidades de MS e de nutrientes proporcionados pelos tratamentos. Este resultado está de acordo com a literatura, que relata redução no CMS e no consumo de nutrientes quando ovinos são submetidos à restrição alimentar (Galvani et al., 2008; Murphy et al., 1994).

Carvalho et al. (1999) e Rodríguez et al. (2008) também não observaram efeito de classe sexual sobre o consumo de MS e de nutrientes em cordeiros. De acordo com o NRC (1996), o sexo apresenta limitado efeito sobre o consumo alimentar dos animais e as diferenças encontradas, geralmente, são atribuídas aos diferentes estágios de maturidade corporal alcançados pelas classes sexuais.

Em relação aos coeficientes de digestibilidade, os resultados apresentados estão de acordo com os descritos por Dias et al. (2011) e Galvani et al. (2010) que observaram, respectivamente, maiores valores de digestibilidade da MS e dos nutrientes em bovinos e ovinos submetidos à restrição alimentar. Os menores valores dos coeficientes de digestibilidade apresentados pelos animais do tratamento de alimentação à vontade, podem ser explicados, devido ao aumento na taxa de passagem das partículas de alimento pelo rúmen-retículo e ao menor tempo de retenção da digesta pelo trato gastrointestinal, em função do maior nível de CMS (Dias et al., 2011). O aumento na taxa de passagem é decorrente de uma maior pressão de fluxo, causada pela ingestão de mais alimentos, sobre resíduos e matéria orgânica potencialmente digestível presentes no trato gastrointestinal (Van Soest, 1982).

O menor CDPB dos animais alimentados à vontade, também pode ser atribuído, a maior excreção de proteína endógena nas fezes, bem como a maior excreção de resíduos de proteína microbiana do rúmen e de proteína microbiana produzida no intestino grosso, que são positivamente correlacionadas ao CMS (Cannas et al., 2004).

Os menores valores das concentrações de NDT, ED e EM na dieta com o nível de alimentação à vontade, podem ser explicados, devido às reduções nos coeficientes de digestibilidades dos nutrientes com o maior nível de consumo, estando de acordo com o preconizado pelo AFRC (1993) e NRC (2001) para o valor

energético dos alimentos, que é reduzido a cada múltiplo de consumo acima da manutenção.

Os maiores tempos gastos com as atividades de alimentação, ruminação e mastigação total apresentados pelos animais alimentados à vontade, podem ser explicados, em virtude do seu maior CMS. Resultados semelhantes foram descritos por Dias et al. (2011) e Galvani et al. (2010) para bovinos e ovinos, respectivamente, submetidos à diferentes níveis de alimentação, que reduziram as atividades de alimentação, ruminação e TMT quando submetidos à restrição alimentar.

A ausência de efeito dos níveis de alimentação sobre os valores de EIMS e EIFDN, pode ser parcialmente explicada, por meio da composição da dieta, que era a mesma entre os tratamentos, com a mesma relação volumoso:concentrado. Além disso, a menor oferta de alimentos foi compensada pelo menor tempo de alimentação dos animais submetidos à restrição, desta forma, o CMS e tempo de alimentação variaram proporcionalmente. Estes resultados estão de acordo com os descritos por Cândido et al. (2012) e Ribeiro et al. (2006), que não observaram efeito da restrição alimentar sobre a EIMS e a EIFDN, em bovinos e caprinos, respectivamente.

Os maiores valores de ERMS e ERFDN apresentados pelos animais alimentados à vontade, podem ser explicados, em função de seus maiores consumos de MS e de FDN. De acordo com Dulphy et al. (1980), a ERFDN é aumentada quando há maior consumo de fibra pelos ruminantes. Resultado semelhante foi descrito por Cândido et al. (2012), que observaram maiores valores de ERMS e ERFDN em bovinos alimentados à vontade, quando comparados aos submetidos à restrição alimentar.

Galvani et al. (2010) também observaram maior TRMS em cordeiros submetidos à restrição alimentar. Os maiores valores de TRMS e TRFDN obtidos com a restrição alimentar podem está relacionados com a maior retenção ruminal das partículas de alimentos, ocasionada pelo menor nível de consumo, sendo este, um mecanismo adaptativo dos ruminantes para proporcionar maior digestibilidade dos nutrientes, quando submetidos à restrição alimentar (Dias et al., 2011). Esse resultado pode explicar os maiores coeficientes de digestibilidade apresentados pelos animais submetidos à restrição alimentar (Tabela 4), principalmente, em relação ao CDFDN, uma vez que, as partículas de fibra precisam de maior tempo de

fermentação ruminal para serem degradadas, em comparação aos nutrientes de fácil digestão (Clauss et al., 2010).

Carvalho et al. (1999), Ribeiro et al. (2003) e Rodríguez et al. (2008) também não observaram diferenças entre classes sexuais sobre o PCA, GMD e a EA. Por outro lado, os resultados do presente trabalho diferiram dos apresentados por Ferrell et al. (1979) e Siqueira et al. (2001), em que cordeiros machos inteiros apresentaram maior PCA, GMD e EA, em comparação as fêmeas e aos machos castrados, sendo essa diferença, atribuída à função fisiológica da testosterona, que é responsável por maior deposição de massa muscular, e conseqüentemente, maior GMD e EA nos machos inteiros (Jenkins et al., 1988; Schanbacher et al., 1980). Provavelmente, os cordeiros machos inteiros abatidos com sete meses de idade, poderiam estar no início da puberdade, e, dessa forma, o efeito anabólico da testosterona pode não ter ocorrido com maior intensidade (Carvalho et al., 1999).

Pereira Filho et al. (2005) e Yáñez et al. (2006) também observaram menores valores de PCA, GMD e EA em caprinos submetidos à restrição alimentar, em comparação aos alimentados à vontade. Os animais utilizam energia para o ganho de tecido após suprirem a sua demanda de manutenção, que representa a maior parte dos gastos da energia metabolizável consumida (NRC, 1996; Williams e Jenkins, 2003). Desta forma, mesmo aumentando a digestibilidade dos nutrientes com a restrição alimentar, esse mecanismo não foi suficiente para compensar o menor consumo. Sendo assim, com a menor oferta de alimentos, menos energia estava disponível para o ganho, reduzindo a EA. Este resultado confirma a teoria de que o consumo apresenta maior importância sobre o desempenho dos animais em relação à digestibilidade (Silva, 2011).

## **5. Conclusões**

A classe sexual não afeta o consumo, a digestibilidade, o comportamento ingestivo e o desempenho de cordeiros SPRD. Os cordeiros submetidos à restrição alimentar apresentam maior digestibilidade da dieta e maior tempo de ruminação por grama de MS e FDN ingerida. A restrição alimentar reduz o GMD e a EA de cordeiros SPRD.

## Referências

- AFRC, 1993. Energy and protein requirements of ruminants. CAB International, Wallingford .
- AOAC, 1990. Official Methods of Analysis, fifteenth ed. Association of Official Analytical Chemist, Washington.
- Azevêdo, J.A.G., Valadares Filho, S.C., Pina, D.S., Valadares, R.F.D., Detmann, E., 2010. Predição de consumo de matéria seca por bovinos de corte em confinamento, in: Valadares Filho, S.C., Marcondes, M.I., Chizzotti, M.L., Paulino, P.V.R. (Eds.), Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados (BR – CORTE), second ed. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. pp.1-12.
- Burguer, P.J., Pereira, J.C., Queiroz, A.C., 2000. Comportamento ingestivo em bezerros holandeses alimentados com dietas contendo diferentes níveis de concentrado. R. Bras. Zootec. 29, 236-242.
- Cândido, E.P., Gonzaga Neto, S., Bezerra, L.R., Saraiva, E.P., Pimenta Filho, E.C., Araujo, G.G.L, 2012. Ingestive behavior of Guzerat and Sindhi heifers under the effects of feed restriction. Acta Sci. Anim. Sci. 34, 297-303.
- Cannas, A., Tedeschi, L.O., Fox, D.G., Pell, A.N., Van Soest, P.J., 2004. A mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological values for sheep. J. Anim. Sci. 82, 149-169.
- Carvalho, G.G.P., Pires, A.J.V., Silva, R.R., Veloso, C.M., Silva, H.G.O., 2006. Comportamento ingestivo de ovinos alimentados com dietas compostas de silagem de capim-elefante amonizada ou não e subprodutos agroindustriais. R. Bras. Zootec. 35, 1805-1812.
- Carvalho, S., Pires, C.C., Peres, J.R., Zeppenfeld, C., Weiss, A., 1999. Desempenho de cordeiros machos inteiros, machos castrados e fêmeas, alimentados em confinamento. Cienc. Rural 29, 129-133.
- Casali, A.O., Detmann, E., Valadares Filho, S.C., Pereira, J.C., Henriques, L.T., Freitas, S.G., Paulino, M.F., 2008. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos in situ. R. Bras. Zootec. 37, 335-342.
- Chizzotti, M.L., Valadares Filho, S.C., Tedeschi, L.O., Chizzotti, F.H.M., Carstens, G.E., 2007. Energy and protein requirements for growth and maintenance of F1 Nellore x Red Angus bulls, steers, and heifers. J. Anim. Sci. 85, 1971-1981.

- Clauss, M., Hume, I.D., Hummel, J., 2010. Evolutionary adaptations of ruminants and their potential relevance for modern production systems. *Animal* 4, 979-992.
- Cochran, R.C., Adans, D.C., Wallace, J.D., Galyean, M.L., 1986. Predicting digestibility of different diets with internal markers: evaluation of four potential markers. *J. Anim. Sci.* 63, 1476-1483.
- Dias, R.S., Patino, H.O., López, S., Prates, E., Swanson, K.C., France, J., 2011. Relationships between chewing behavior, digestibility, and digesta passage kinetics in steers fed oat hay at restricted and ad libitum intakes. *J. Anim. Sci.* 89, 1873-1880.
- Dulphy, J.P., Remond, B., Theriez, M., 1980. Ingestive behavior and related activities in ruminants, in: Ruckebush, Y., Thivend, P. (Eds.), *Digestive physiology and metabolism in ruminants*. MTP Press, Lancaster, pp.103-122.
- Ferreira, M.A., Silva, F.M., Bispo, S.V., Azevedo, M., 2009. Estratégias na suplementação de vacas leiteiras no semi-árido do Brasil. *R. Bras. Zootec.* 38, 322-329.
- Ferrell, C.L., Crouse, J.D., Field, R.A., Chant, J.L., 1979. Effect of sex, diet and stage of growth upon energy utilization by lambs. *J. Anim. Sci.* 49, 790-801.
- Forbes, J.M., 2007. *Voluntary food intake and diet selection in farm animals*, second ed. CAB International, Wallingford.
- Galvani, D.B., Pires, C.C., Kozloski, G.V., Wommer, T.P., 2008. Energy requirements of Texel crossbred lambs. *J. Anim. Sci.* 86, 3480-3490.
- Galvani, D.B., Pires, C.C., Wommer, T.P., Oliveira F., Santos, M.F., 2010. Chewing patterns and digestion in sheep submitted to feed restriction. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 94, 366-373.
- Hall, M.B., 2000. *Calculation of non-structural carbohydrate content of feeds that contain non-protein nitrogen*. University of Florida, Gainesville.
- IBGE, 2010. *Produção pecuária municipal*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro.
- Jenkins, T.G., Ford, J.J., Klindt, J., 1988. Postweaning growth, feed efficiency and chemical composition of sheep as affected by prenatal and postnatal testosterone. *J. Anim. Sci.* 66,1179-1185.
- Johnson, T.R., Combs, D.K., 1991. Effects of prepartum diet, inert rumen bulk, and dietary polyethylene glycol on dry matter intake of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 74, 933-944.

- Lana, R.P., 2005. *Nutrição e alimentação animal (mitos e realidades)*, second ed. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- Murphy, T.A., Loerch, S.C., McClure, K.E., Solomon, M.B., 1994. Effects of restricted feeding on growth performance and carcass composition of lambs. *J. Anim. Sci.* 72, 3131-3137.
- Nascimento, J.L.S., Costa, L.S.A., Ximenes, L.J.F., 2010. Atuação do banco do Nordeste do Brasil em ciência e tecnologia na produção de caprinos e ovinos no nordeste do Brasil. *Acta Vet. Brasilica* 4, 1-7.
- NRC, 1996. *Nutrient requirements of beef cattle*. National Academy Press, Washington.
- NRC, 2001. *Nutrient requirements of dairy cattle*. National Academy Press, Washington.
- NRC, 2007. *Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids*. National Academy Press, Washington.
- Pell, A.N., Schofield, P., 1993. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion in vitro. *J. Dairy Sci.* 76, 1063-1073.
- Pereira Filho, J.M., Resende, K.T., Teixeira, I.A.M.A., Silva Sobrinho, A.G., Yáñez, E.A., Ferreira, A.C.D., 2005. Efeito da restrição alimentar no desempenho produtivo e econômico de cabritos F1 Boer x Saanen. *R. Bras. Zootec.* 34, 188-196.
- Ribeiro, V.L., Batista, A.M.V., Carvalho, F.F.R., Mattos, C.W., Alves, K.S., 2006. Comportamento ingestivo de caprinos Moxotó e Canindé submetidos à alimentação à vontade e restrita. *Acta Sci. Anim. Sci.* 28, 331-337.
- Ribeiro, E.L.A., Silva, L.D.F., Rocha, M., Mizubuti, I.Y., 2003. Desempenho de cordeiros inteiros ou submetidos a diferentes métodos de castração abatidos aos 30 kg de peso vivo. *R. Bras. Zootec.* 32, 745-752.
- Rodríguez, A., Bodas, R., Prieto, N., Landa, R., Mantecón, A., Giráldez, F., 2008. Effect of sex and feeding system on feed intake, growth, and meat and carcass characteristics of fattening Assaf lambs. *Livest. Sci.* 116, 118-125.
- Schanbacher, B.D., Crouse, J.D., Ferrell, C.L., 1980. Testosterone influences on growth, performance, carcass characteristics and composition of young market lambs. *J. Anim. Sci.* 51:685-691.
- Silva, J.F.C., 2011. Mecanismos reguladores de consumo, in: Berchielli, T.T., Pires, A.V., Oliveira, S.G. (Eds.), *Nutrição de Ruminantes*, second ed. Funep, Jaboticabal, pp.61-82.

- Silva, N.V., Costa, R.G., Freitas, C.R.G., Galindo, M.C.T., Silva, L.S., 2010. Alimentação de ovinos em regiões semiáridas do Brasil. *Acta Vet. Brasilica* 4, 233-241.
- Siqueira, E.R., Simões, C.D., Fernandes, S., 2001. Efeito do sexo e do peso ao abate sobre a produção de carne de cordeiro 1. Velocidade de crescimento, caracteres quantitativos da carcaça, pH da carne e resultado econômico. *R. Bras. Zootec.* 30, 844-848.
- Sniffen, C.J., O'Connor, J.D., Van Soest, P.J., Fox, D.G., Russell, J.B., 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.* 70, 3562-3577.
- SAS, 2003. User's guide: Version 9.1. Statistical Analysis System Institute Inc., Cary.
- Van Soest, P.J., 1982. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. O&B Books, Cornellis.
- Van Soest, P.J., 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*, second ed. Cornell University Press, Ithaca.
- Williams, C.B., Jenkins, T.G., 2003. A dynamic model of metabolizable energy utilization in growing and mature cattle. I. Metabolizable energy utilization for maintenance and support metabolism. *J. Anim. Sci.* 81,1371-1381.
- Yáñez, E.A., Resende, K.T., Ferreira, A.C.D., Pereira Filho, J.M., Silva Sobrinho, A.G., Teixeira, I.A.M.A., Medeiros, A.N., 2006. Restrição alimentar em caprinos: rendimento, cortes comerciais e composição da carcaça. *R. Bras. Zootec.* 35, 2093-2100.

#### 4. ARTIGO 2

##### **Rendimentos de carcaça e de componentes não carcaça de cordeiros sem padrão racial definido de diferentes classes sexuais submetidos à restrição alimentar**

**Resumo:** Objetivou-se avaliar o efeito de diferentes níveis de alimentação e de classes sexuais sobre os rendimentos de carcaça, cortes comerciais e de componentes não carcaça (CNC). Foram utilizados 45 cordeiros sem padrão racial definido (SPRD) de três classes sexuais (15 machos inteiros, 15 machos castrados e 15 fêmeas), com peso corporal médio inicial de  $18,1 \pm 0,4$  kg e cinco meses de idade. Os animais foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3x3, sendo três classes sexuais e três níveis de alimentação: alimentação à vontade (balanço energético positivo), restrição alimentar de 70 % (nível de manutenção) e restrição alimentar de 80 % do consumo à vontade (balanço energético negativo). Não houve efeito de classe sexual e nem interação de classe sexual com os níveis de alimentação ( $P > 0,05$ ) para todas as variáveis estudadas. Animais submetidos à restrição alimentar apresentaram menores pesos e rendimentos de carcaça, além de maiores perdas por resfriamento ( $P < 0,05$ ). Os pesos dos cortes comerciais foram menores nos tratamentos com restrição, contudo, em relação aos valores de rendimento sobre o peso da carcaça, observaram-se maiores rendimentos de perna e paleta nos animais mantidos com restrição alimentar em detrimento dos rendimentos de costelas e lombo ( $P < 0,05$ ). Os pesos dos CNC foram menores nos animais submetidos à restrição alimentar. Por outro lado, quando relacionados ao peso de corpo vazio, observaram-se maiores rendimentos para alguns dos CNC nos animais mantidos com restrição alimentar ( $P < 0,05$ ). A classe sexual não afeta os rendimentos de carcaça, cortes comerciais e de CNC. Os rendimentos de carcaça, cortes comerciais e de CNC são influenciados pelos níveis de alimentação.

**Palavras-chave:** cortes comerciais. escassez de alimentos. ovinos. produção de carne. semiárido.

## **Carcass and non-carcass components yield of non-descript breed lambs of different sexual classes subjected to feed restriction**

**Abstract:** The aim of this experiment was to evaluate the effect of different feeding levels: ad libitum feeding (positive energy balance), 70 % feed restriction (maintenance level) and feed restriction of 80 % of ad libitum intake (negative energy balance) and sexual classes (intact males, castrated males and females) on carcass, commercial cuts and non-carcass components yields. Forty five non-descript breed lambs were used (15 intact males, 15 castrated males and 15 females). The average age and initial body weight were five months and  $18.1 \pm 0.4$  kg, respectively. The design was completely randomized in a factorial 3x3 with five repetitions. There was no difference between the sexual classes ( $P>0.05$ ) and there was no interaction ( $P>0.05$ ) of the sexual class with the levels of feed for the variables analyzed. Animals kept in feed restriction had lower weights and carcass yields and higher cooling losses ( $P<0.05$ ). The weights of commercial cuts were lower in the treatments with restriction. Shoulder clod and hind leg yields were greater with feeding restriction. However, ribs and loin yields were higher with ad libitum feeding ( $P<0.05$ ). The weight of the non-carcass components were lower in animals kept in feed restriction. On the other hand, when related to empty body weight, higher yields were obtained for some non-carcass components of animals kept in restriction ( $P<0.05$ ). The sexual class does not affect carcass, commercial cuts and non-carcass components yields. The carcass, commercial cuts and non-carcass components yields are influenced by the levels of feeding.

**Keywords:** commercial cuts. feed scarcity. meat production. semi-arid. sheep.

## Introdução

A região Nordeste concentra o maior efetivo de ovinos do Brasil, apresentando 56,7 % do rebanho nacional, sendo este, principalmente, direcionado para a produção de carne (IBGE, 2010). A ovinocultura desempenha uma função social e econômica imprescindível para o semiárido brasileiro, sendo a carne ovina uma importante fonte de proteína de alto valor biológico e reduzido custo, além de proporcionar renda aos agricultores, devido à comercialização de peles e à venda de animais vivos (Nascimento et al., 2010). Contudo, em função da sazonalidade do período chuvoso e as secas periódicas, observa-se severas restrições ao suprimento de forragem, e conseqüentemente, à produção animal.

Em sistemas de produção de carne, as características quantitativas e qualitativas de carcaça são fundamentais no processo produtivo, uma vez que estas são diretamente relacionadas ao produto final (Hashimoto et al., 2007). Dentre as características de carcaça, destaca-se o rendimento, que é um importante parâmetro, e, muitas vezes, o único utilizado na cadeia da comercialização de carne (Yáñez et al., 2006). De acordo com Bernardi et al. (2005), do ponto de vista econômico e produtivo, o rendimento de carcaça é de grande importância, pois, é através dele que, uma menor ou maior porção de carne estará disponível para ser comercializada e consumida.

O nível de alimentação é um dos principais fatores que afeta o rendimento de carcaça, uma vez que este influencia na taxa de esvaziamento do trato gastrointestinal, e conseqüentemente, no peso das vísceras, que são inversamente correlacionadas ao valor de rendimento de carcaça (Warmington e Kirton, 1990). Além disso, o nível de alimentação está relacionado com o peso de abate, que também afeta o rendimento de carcaça, devido às distintas velocidades de desenvolvimento da carcaça e dos componentes não carcaça (CNC) com o aumento de peso corporal dos animais (Bueno et al., 2000).

O rendimento de carcaça também pode ser influenciado pela classe sexual dos animais, devido, principalmente, às diferenças de maturidade corporal e ao efeito de andrógenos sobre o crescimento muscular. O maior rendimento de carcaça nas fêmeas está associado à sua elevada deposição de gordura corporal. Por outro lado, devido à função anabólica da testosterona sobre o tecido muscular, o rendimento de

carcaça pode ser maior nos machos inteiros em comparação as fêmeas e aos machos castrados (Jenkins et al., 1988; Siqueira et al., 2001; Ribeiro et al., 2003).

O rendimento dos cortes comerciais é tão importante quanto o rendimento de carcaça para indicar a eficiência dos sistemas de produção de carne. De forma geral, são desejáveis maiores proporções dos cortes com maior deposição muscular na carcaça (Yáñez et al., 2006). A participação dos cortes comerciais sobre o peso da carcaça é influenciada, principalmente, pelo peso de abate, sendo este, diretamente correlacionado ao nível de alimentação. Além disso, a classe sexual também pode exercer influência sobre os rendimentos dos cortes. Estas variações são explicadas, principalmente, pelas diferentes taxas de crescimento dos músculos que formam a carcaça, sendo influenciadas pelo estágio de maturidade corporal e ação hormonal (Kemp et al., 1970; Butterfield, 1988; Osório et al., 1995; Furusho-Garcia et al., 2004).

Na cadeia produtiva de ovinos de corte, o rendimento dos CNC é outra característica comercial importante, estando diretamente relacionado com o rendimento de carcaça. Além disso, os CNC também são importantes fontes de alimentos para as populações menos favorecidas (Yamamoto et al., 2004; Mattos et al., 2006). Como já foi mencionado anteriormente, o nível de alimentação dos animais está diretamente correlacionado ao seu peso de abate, sendo este, um dos principais fatores que influencia no rendimento dos CNC, uma vez que, os CNC não se desenvolvem na mesma proporção da carcaça à medida que peso corporal aumenta (Bueno et al., 2000; Rosa et al., 2002).

Apesar de ser bastante mencionado o efeito negativo da escassez de alimentos sobre a produção animal no semiárido brasileiro, devido às constantes estiagens que acometem à região, existem poucos estudos avaliando o efeito da restrição alimentar sobre os rendimentos de carcaça, de cortes comerciais e de CNC em cordeiros. Além disso, também são escassas as pesquisas que avaliam o efeito de diferentes classes sexuais sobre estas variáveis, principalmente, em ovinos sem padrão racial definido (SPRD) e mantidos em clima semiárido. Diante do exposto, objetivou-se avaliar o efeito de diferentes níveis de alimentação e de classes sexuais sobre os rendimentos de carcaça, de cortes comerciais e de CNC de cordeiros SPRD.

## **Materiais e métodos**

O experimento foi realizado no Setor de Produção Animal do Campus de Ciência Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF e no Abatedouro e Laboratório de Processamento de Carnes do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano - IFET, localizados no município de Petrolina, Estado de Pernambuco. O clima predominante da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Bsh, caracterizado por temperaturas elevadas, baixa umidade do ar, elevadas taxas de evaporação, e, especialmente, pela escassez e irregularidade acentuada na distribuição de chuvas (Ferreira et al., 2009). De acordo com o Laboratório de Meteorologia e Bioclimatologia da UNIVASF, durante o período de alimentação dos animais, de maio a julho de 2010, a temperatura média diária foi de 25 °C e a umidade média relativa do ar foi de 62,7 %.

Foram utilizados 45 cordeiros SPRD de três classes sexuais (15 machos inteiros, 15 machos castrados e 15 fêmeas), com peso corporal inicial de  $18,1 \pm 0,4$  kg e cinco meses de idade média. Os cordeiros foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3x3, sendo três classes sexuais e três níveis de oferta de alimentos, com cinco repetições. Os animais foram submetidos a um período de 30 dias de adaptação às instalações e à dieta experimental, sendo pesados, identificados e tratados contra ecto e endoparasitas. Os machos castrados já foram adquiridos nesta condição e a castração foi realizada com a utilização de burdizzo, quando os animais tinham aproximadamente três meses de idade.

Os diferentes níveis de oferta de alimentos objetivaram proporcionar diferentes níveis de balanço energético aos animais. Os níveis de oferta de alimentos foram os seguintes: alimentação à vontade (balanço energético positivo); restrição de 70 % do consumo à vontade (nível de manutenção) e restrição de 80 % do consumo à vontade (balanço energético negativo). A restrição alimentar foi calculada de acordo com o consumo observado na última semana do período de adaptação e a quantidade fornecida foi ajustada em função do peso corporal dos animais.

A dieta foi oferecida na forma de ração completa e tinha 20,39 % de proteína bruta (PB) na matéria seca (MS) e 1,94 Mcal de energia metabolizável (EM) por kg de MS, formulada de acordo com as recomendações do NRC (2007) para machos

inteiros de quatro meses de idade, de maturidade tardia e consumo à vontade, com 20 kg de peso corporal e GMD de 300 g/animal/dia, sendo constituída de capim elefante *in natura* picado (*Pennisetum purpureum*) e concentrado a base de milho moído e farelo de soja (Tabelas 1 e 2), com relação volumoso:concentrado de 40:60, sendo ofertada aos animais duas vezes ao dia às 8 e às 15 h.

**Tabela 1** Matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN) e carboidratos não fibrosos (CNF) dos alimentos utilizados na dieta em porcentagem

Alimentos	MS	<sup>a</sup> MM	<sup>a</sup> MO	<sup>a</sup> PB	<sup>a</sup> EE	<sup>a</sup> FDN	<sup>a</sup> CNF
Capim elefante	24,0	9,9	90,1	5,3	3,1	72,0	9,7
Farelo de soja	90,1	7,2	92,8	51,0	0,8	11,2	30,1
Milho moído	90,2	1,3	98,7	10,3	2,7	16,6	69,1

<sup>a</sup> % da matéria seca.

**Tabela 2** Proporção dos ingredientes e composição bromatológica da dieta

Ingredientes na dieta	
Capim elefante (% MS)	40,0
Milho moído (% MS)	28,56
Farelo de Soja (% MS)	29,52
Cloreto de sódio (% MS)	0,54
<sup>a</sup> Premix comercial (% MS)	1,11
Uréia (% MS)	0,27
Nutrientes da dieta	
Matéria seca (%)	63,82
Matéria orgânica (% MS)	91,95
Matéria mineral (% MS)	6,94
Proteína bruta (% MS)	20,39
Extrato etéreo (% MS)	2,27
Fibra em detergente neutro (% MS)	36,90
Carboidratos não fibrosos (% MS)	32,87
<sup>b</sup> Energia digestível (Mcal/kg de MS)	2,37
<sup>b</sup> Energia metabolizável (Mcal/kg de MS)	1,94

<sup>a</sup> Contém 240 g/kg de Ca; 71 g/kg de P; 28,2 g/kg de K; 20 g/kg de S; 20 g/kg de Mg; 30 mg/kg de Co; 400 mg/kg de Cu; 250 mg/kg de Fe; 1.350 mg/kg de Mn; 15 mg/kg de Se; 1.700 mg/kg de Zn; 40 mg/kg de I; 10 mg/kg de Cr; 710 mg/kg de F; 135.000 UI/kg de vitamina A; 68.000 UI/kg de vitamina D3 e 450 UI/kg de vitamina E; <sup>b</sup> Médias de energia digestível e energia metabolizável no nível de alimentação à vontade calculadas de acordo com o NRC (2001) e o NRC (1996), respectivamente.

As análises bromatológicas dos alimentos ofertados foram realizadas conforme a metodologia descrita pela AOAC (1990), sendo determinados os teores de MS, PB, matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO) e extrato etéreo (EE). A concentração de fibra em detergente neutro (FDN) foi determinada conforme metodologia descrita por Pell e Schofield (1993). Os carboidratos não fibrosos (CNF)

foram calculados utilizando a seguinte fórmula (Hall, 2000):  $CNF = 100 - (\% MM + \% PB + \% EE + \% FDN)$ .

Os animais foram alojados em baias individuais cobertas, providas de comedouro e bebedouro, e com piso de concreto. Para os cordeiros do tratamento à vontade, foram permitidas sobras de em torno de 20 %. Os animais tiveram acesso à água fresca à vontade. Após o período de adaptação, os ovinos foram confinados por 58 dias até o abate.

Antes do abate, os animais foram submetidos a jejum alimentar prévio de 16 h, sendo pesados, posteriormente, em balança digital, para a obtenção do peso corporal de abate (PCA). O abate ocorreu por insensibilização seguida de sangria, através da secção das artérias carótidas e das veias jugulares, com coleta e pesagem do sangue. Em seguida, realizou-se a esfola, evisceração, esvaziamento e lavagem das vísceras do trato gastrointestinal, retirada da cabeça, patas e órgãos genitais. A vesícula biliar e a urinária também foram esvaziadas.

Os CNC formados por ventrículo gástrico (VG) (rúmen, retículo, omaso e abomaso), intestino delgado (ID), intestino grosso (IG), gordura interna (GI), mesentério, fígado, coração, rins, pulmão, língua, baço, aparas (esôfago, traquéia e aparelho reprodutor), sangue, pele, cabeça e patas foram pesados em balança digital. O peso de corpo vazio (PCVZ) foi obtido a partir da soma dos pesos de todos os CNC com o peso da carcaça.

Após a esfola, evisceração e a desarticulação da cabeça e das extremidades dos membros, as carcaças foram pesadas para a obtenção do peso de carcaça quente (PCQ), e, em seguida, transportadas para câmara frigorífica a 4 °C, onde permaneceram por 24 h, sendo, posteriormente, pesadas para a obtenção do peso de carcaça fria (PCF). Para a determinação do rendimento de carcaça quente (RCQ), rendimento comercial ou de carcaça fria (RCF), rendimento verdadeiro (RV) ou biológico e das perdas por resfriamento (PR) foram utilizadas as seguintes fórmulas:  $RCQ = (PCQ/PCA) \times 100$ ;  $RCF = (PCF/PCA) \times 100$ ;  $RV = (PCQ/PCVZ) \times 100$ ; e  $PR = [(PCQ-PCF)/PCQ] \times 100$  (Dantas et al., 2008). Os rendimentos dos CNC foram obtidos por meio da proporção destes sobre o PCVZ.

As carcaças foram divididas longitudinalmente com uma serra fita em duas meias carcaças e pesadas em seguida. A meia carcaça esquerda foi dividida nos seguintes cortes comerciais: pescoço, paleta, costelas, vazio, lombo e perna, conforme adaptações das metodologias descritas por Furusho-Garcia et al. (2004),

Gonzaga Neto et al. (2006) e Hashimoto et al. (2007). Os cortes foram pesados em balança digital. Os rendimentos dos cortes comerciais foram obtidos por meio da proporção destes sobre o peso da meia carcaça esquerda. Em seguida, os cortes foram descarnados, separando os ossos dos tecidos moles (músculos, tendões e gordura), que foram pesados para a obtenção das frações de tecidos moles e de ossos sobre o peso da meia carcaça.

A área de olho de lombo foi obtida mediante a demarcação do corte transversal do músculo *Longissimus dorsi*, delineado com o uso de papel transparência e caneta própria. Em seguida, determinou-se a área de olho de lombo utilizando-se o programa computacional AUTOCAD® (Hashimoto et al., 2007). As análises estatísticas foram realizadas por meio do SAS (2003), utilizando o PROC GLM, com nível de significância de 5 %, conforme o seguinte modelo estatístico:  $Y = \mu + \alpha + \beta + \alpha\beta + e$ , sendo:  $\mu$  = média;  $\alpha$  = efeito do nível de alimentação;  $\beta$  = efeito da classe sexual;  $\alpha\beta$  = interação do nível de alimentação com a classe sexual e  $e$  = erro aleatório.

## Resultados

Não houve efeito de classe sexual e nem interação de classe sexual com os níveis de alimentação para todas as variáveis analisadas neste experimento ( $P>0,05$ ). Por outro lado, houve diferenças ( $P<0,05$ ) entre os níveis de alimentação. O PCVZ, PCQ e o PCF foram maiores para os animais que receberam alimentação à vontade. Os menores valores foram apresentados pelos cordeiros submetidos à restrição alimentar de 80 %. Os ovinos alimentados com 70 % de restrição obtiveram valores intermediários (Tabela 3).

O RCQ e o RCF foram maiores ( $P<0,05$ ) para o nível de alimentação à vontade em comparação aos níveis de 70 e 80 % de restrição, que não diferiram entre si ( $P>0,05$ ) (Tabela 3). O valor de RV obtido com o nível de alimentação à vontade foi superior ( $P<0,05$ ) ao apresentado pelo nível de 80 % de restrição, contudo, não diferiu ( $P>0,05$ ) do nível de 70 %, que por sua vez, foi igual ao nível de 80 % de restrição alimentar ( $P>0,05$ ) (Tabela 3).

Em relação às PR, observou-se que as carcaças dos animais submetidos à restrição alimentar apresentaram valores superiores ( $P<0,05$ ) em comparação às carcaças dos cordeiros alimentados à vontade (Tabela 3). Por outro lado, em relação à AOL, os animais alimentados à vontade apresentaram valor superior ( $P<0,05$ ) em comparação aos submetidos a 70 e 80 % de restrição alimentar, que não diferiram entre si ( $P>0,05$ ) (Tabela 3).

**Tabela 3** Peso de corpo vazio (PCVZ), peso de carcaça quente (PCQ), peso de carcaça fria (PCF), rendimento de carcaça quente (RCQ), rendimento de carcaça fria (RCF), perdas pelo resfriamento (PR), rendimento verdadeiro (RV) e área de olho de lombo (AOL) de ovinos alimentados à vontade (AV) e com restrições de 70 e 80 % do consumo à vontade

Variável	Nível de alimentação			Valor de P
	AV	70 %	80 %	
PCVZ (kg)	26,7a ± 0,3	16,4b ± 0,4	13,9c ± 0,4	<0,0001
PCQ (kg)	13,4a ± 0,2	7,9b ± 0,2	6,3c ± 0,2	<0,0001
PCF (kg)	12,7a ± 0,2	7,5b ± 0,2	5,9c ± 0,2	<0,0001
RCQ (%)	46,0a ± 0,5	42,4b ± 0,7	40,6b ± 0,5	0,0020
RCF (%)	43,6a ± 0,5	40,1b ± 0,7	38,1b ± 0,5	0,0013
PR (%)	5,40b ± 0,1	5,56b ± 0,1	6,21a ± 0,1	0,0116
RV (%)	50,3a ± 0,4	48,4ab ± 0,7	45,5b ± 0,6	0,0157
AOL (cm <sup>2</sup> )	8,9a ± 0,3	6,2b ± 0,3	5,2b ± 0,3	<0,0001

a, b, c - Médias na mesma linha seguidas por letras distintas diferem entre si no teste de Tukey; P - Probabilidade.

Os níveis de alimentação influenciaram os pesos da meia carcaça e dos cortes comerciais, sendo os maiores valores apresentados pelo tratamento de alimentação à vontade em comparação aos tratamentos de restrição alimentar ( $P < 0,05$ ) (Tabela 4). Além disso, também houve diferenças entre os níveis de restrição alimentar para os valores de peso de meia carcaça, costela, perna e paleta, que foram maiores ( $P < 0,05$ ) para o nível de 70 % de restrição (Tabela 4).

**Tabela 4** Peso da meia carcaça e dos cortes comerciais de ovinos alimentados à vontade (AV) e com restrições de 70 e 80 % do consumo à vontade

Variável	Nível de alimentação			Valor de P
	AV	70 %	80 %	
Meia carcaça (kg)	6,16a ± 0,01	3,70b ± 0,11	2,95c ± 0,08	<0,0001
Pescoço (kg)	0,57a ± 0,01	0,34b ± 0,01	0,28b ± 0,01	<0,0001
Costela (kg)	1,07a ± 0,02	0,57b ± 0,02	0,40c ± 0,01	<0,0001
Vazio (kg)	0,76a ± 0,02	0,41b ± 0,02	0,32b ± 0,02	<0,0001
Lombo (kg)	0,65a ± 0,01	0,36b ± 0,01	0,38b ± 0,06	0,0049
Perna (kg)	1,98a ± 0,03	1,27b ± 0,04	1,00c ± 0,03	<0,0001
Paleta (kg)	1,10a ± 0,02	0,73b ± 0,02	0,56c ± 0,02	<0,0001

a, b, c - Médias na mesma linha seguidas por letras distintas diferem entre si no teste de Tukey; P - Probabilidade.

Em relação aos rendimentos dos cortes comerciais sobre o peso da meia carcaça, não foram observadas diferenças entre os níveis de alimentação ( $P > 0,05$ ) para os rendimentos de pescoço e vazio (Tabela 5). Contudo, houve efeito dos níveis de alimentação sobre os rendimentos dos demais cortes (Tabela 5). Os rendimentos de costela e lombo foram superiores ( $P < 0,05$ ) para o tratamento de alimentação à vontade. Por outro lado, os rendimentos de perna e paleta foram inferiores ( $P < 0,05$ ) com a alimentação à vontade em comparação aos valores obtidos pelos níveis de 70 e 80 % de restrição alimentar, que não diferiram entre si ( $P > 0,05$ ) (Tabela 5).

A proporção de tecidos moles sobre o peso da meia carcaça foi superior ( $P < 0,05$ ) para o nível de alimentação à vontade em relação aos níveis de 70 e 80 % de restrição alimentar, que não diferiram entre si ( $P > 0,05$ ) (Tabela 5). Por outro lado, a proporção de ossos sobre o peso da meia carcaça foi menor ( $P < 0,05$ ) no nível de alimentação à vontade em comparação ao valor obtido pelo nível de 80 % de restrição (Tabela 5). O tratamento com 70% de restrição alimentar apresentou valor intermediário para a proporção de ossos sobre o peso da meia carcaça (Tabela 5).

**Tabela 5** Rendimento dos cortes comerciais, tecidos moles e de ossos em relação ao peso da meia carcaça de ovinos alimentados à vontade (AV) e com restrições de 70 e 80 % do consumo à vontade

Variável	Nível de alimentação			Valor de P
	AV	70 %	80 %	
Pescoço (%)	9,3 ± 0,1	9,2 ± 0,2	9,6 ± 0,2	0,6159
Costela (%)	17,3a ± 0,2	15,4b ± 0,2	14,8b ± 0,4	<0,0062
Vazio (%)	12,3 ± 0,3	10,9 ± 0,2	10,8 ± 0,3	0,0908
Lombo (%)	10,6a ± 0,1	9,6ab ± 0,2	9,1b ± 0,2	0,0029
Perna (%)	32,1b ± 0,3	34,3a ± 0,1	35,3a ± 0,3	<0,0001
Paleta (%)	17,9b ± 0,2	19,8a ± 0,2	20,3a ± 0,2	<0,0001
<sup>d</sup> Tecidos moles (%)	76,1a ± 0,3	67,8b ± 0,7	64,3b ± 0,7	<0,0001
Ossos (%)	21,4c ± 0,3	30,2b ± 0,7	33,8a ± 0,7	<0,0001

a, b, c - Médias na mesma linha seguidas por letras distintas diferem entre si no teste de Tukey; <sup>d</sup>(Músculos + gordura + tendões); P - Probabilidade.

O nível de alimentação influenciou os pesos do sangue, das vísceras, do mesentério e da GI, que foram superiores ( $P < 0,05$ ) no tratamento de alimentação à vontade, em comparação aos valores apresentados pelos tratamentos de 70 e 80 % de restrição alimentar, que não diferiram entre si ( $P > 0,05$ ) (Tabela 6).

**Tabela 6** Pesos do sangue, coração, fígado, ventrículo gástrico (VG), intestino delgado (ID), intestino grosso (IG), mesentério e gordura interna (GI) de ovinos alimentados à vontade (AV) e com restrições de 70 e 80 % do consumo à vontade

Variável	Nível de alimentação			Valor de P
	AV	70 %	80 %	
Sangue (kg)	1,17a ± 0,03	0,90b ± 0,03	0,85b ± 0,02	<0,0001
Coração (kg)	0,34a ± 0,00	0,22b ± 0,01	0,24b ± 0,01	0,0004
Fígado (kg)	0,72a ± 0,01	0,39b ± 0,01	0,40b ± 0,02	<0,0001
<sup>c</sup> VG (kg)	1,18a ± 0,04	0,72b ± 0,02	0,67b ± 0,02	<0,0001
ID (kg)	0,75a ± 0,02	0,54b ± 0,02	0,50b ± 0,02	<0,0001
IG (kg)	0,72a ± 0,02	0,41b ± 0,02	0,36b ± 0,01	<0,0001
Mesentério (kg)	0,73a ± 0,04	0,37b ± 0,02	0,28b ± 0,02	<0,0001
GI (kg)	0,44a ± 0,03	0,05b ± 0,01	0,02b ± 0,00	<0,0001

a, b - Médias na mesma linha seguidas por letras distintas diferem entre si no teste de Tukey; <sup>c</sup>(Retículo + rúmen + omaso + abomaso); P - Probabilidade.

Não houve efeito ( $P > 0,05$ ) dos níveis de alimentação sobre os rendimentos de coração, VG, IG e de mesentério em relação ao PCVZ (Tabela 7). O rendimento do fígado foi maior ( $P < 0,05$ ) para o tratamento de 80 % de restrição em comparação ao valor obtido pelo nível de 70 %, porém, não diferiu ( $P > 0,05$ ) do valor apresentado pelo nível de alimentação à vontade, que por sua vez, não diferiu do tratamento com 70 % de restrição alimentar ( $P > 0,05$ ) (Tabela 7). Os rendimentos dos rins e do ID

foram superiores ( $P < 0,05$ ) para o nível de 80 % de restrição em comparação ao nível de alimentação à vontade, e não diferiram ( $P > 0,05$ ) do nível de 70 % de restrição, que por sua vez, não diferiram ( $P > 0,05$ ) dos rendimentos apresentados pelo tratamento de alimentação à vontade (Tabela 7). O rendimento de GI foi superior ( $P < 0,05$ ) para o tratamento de alimentação à vontade em comparação aos de restrição, que não diferiram entre si ( $P > 0,05$ ) (Tabela 7).

**Tabela 7** Rendimento do coração, fígado, rins, ventrículo gástrico (VG), intestino delgado (ID), intestino grosso (IG), mesentério e gordura interna (GI) em relação ao peso de corpo vazio (PCVZ) de ovinos alimentados à vontade (AV) e com restrições de 70 e 80 % do consumo à vontade

Variável	Nível de alimentação			Valor de P
	AV	70 %	80 %	
Coração (%)	1,26 ± 0,01	1,31 ± 0,09	1,68 ± 0,08	0,0542
Fígado (%)	2,72ab ± 0,04	2,35b ± 0,07	2,88a ± 0,11	0,0283
Rins (%)	1,06b ± 0,03	1,27ab ± 0,09	1,54a ± 0,09	0,0446
°VG (%)	4,41 ± 0,11	4,43 ± 0,09	4,85 ± 0,06	0,0970
ID (%)	2,84b ± 0,09	3,29ab ± 0,10	3,57a ± 0,08	0,0058
IG (%)	2,69 ± 0,09	2,52 ± 0,11	2,63 ± 0,10	0,7941
Mesentério (%)	2,70 ± 0,15	2,25 ± 0,11	1,99 ± 0,08	0,0731
GI (%)	1,63a ± 0,10	0,30b ± 0,06	0,11b ± 0,03	<0,0001

a, b - Médias na mesma linha seguidas por letras distintas diferem entre si no teste de Tukey; °(Retículo + rúmen + omaso + abomaso); P - Probabilidade.

## Discussão

De acordo com a literatura, era esperado que os machos inteiros apresentassem maior rendimento de carcaça e dos cortes comerciais formados por músculos de desenvolvimento mais precoce, como perna e paleta, devido ao efeito anabólico da testosterona e de sua maturidade corporal mais tardia. Por outro lado, nas fêmeas e nos machos castrados, em função da maturidade mais precoce, e conseqüentemente, maior deposição de gordura, era esperado maior rendimento dos cortes comerciais de desenvolvimento mais tardio, como costelas e lombo, menores perdas durante o processo de resfriamento da carcaça e maior deposição de GI (Schanbacher et al., 1980; Butterfield, 1988; Jenkins et al., 1988; Siqueira et al., 2001; Rosa et al., 2002; Furushu-Garcia et al., 2004). Os cordeiros utilizados no presente trabalho foram abatidos com menos de sete meses de idade, e provavelmente, ainda estavam no início da puberdade e não tinham alcançado o estágio de maturidade corporal, não ocorrendo, desta forma, efeitos acentuados de hormônios sexuais e das taxas de deposição de gordura na carcaça (Carvalho et al., 1999; Pires et al., 1999).

Yáñez et al. (2006) também observaram menores valores de PCVZ, PCQ e PCF de caprinos submetidos à restrição alimentar em comparação ao tratamento de alimentação à vontade. Esse resultado pode ser explicado, em virtude da restrição alimentar reduzir o aporte de nutrientes necessários para o ganho de peso corporal dos animais.

Os maiores valores de RCQ e RCF apresentados pelo nível de alimentação à vontade, podem está relacionados com o maior peso de abate, e conseqüentemente, maiores pesos de carcaça obtidos pelos animais desse nível de alimentação, em comparação aos animais submetidos à restrição alimentar, pois, com o incremento do peso corporal, a carcaça aumenta a sua participação em detrimento da proporção de alguns CNC sobre o peso corporal, aumentando o seu rendimento (Bueno et al., 2000). Mattos et al. (2006) apresentaram resultado semelhante, sendo os valores de rendimento de carcaça superiores para caprinos mantidos com alimentação à vontade em comparação à restrição alimentar.

As maiores PR apresentadas pelas carcaças dos animais que foram submetidos à restrição alimentar, podem ser explicadas, em função do seu menor ganho de peso corporal, devido à menor disponibilidade de nutrientes, apresentado

desta forma, reduzido acabamento de carcaça, com pouca cobertura de gordura, sendo esta, importante para evitar as perdas de água da carcaça durante o resfriamento (Pereira Filho et al., 2007).

A maior AOL apresentada com o nível de alimentação à vontade pode ser explicada, em função dos distintos pesos de abate e de carcaça proporcionados pelos diferentes níveis de oferta de alimentos, sendo estes valores, superiores para os animais que receberam alimentação à vontade. Segundo Cartaxo e Sousa (2008), a AOL apresenta elevada correlação positiva com o PCA e o PCQ.

As diferenças de pesos dos cortes comerciais entre os níveis de alimentação foram reflexos dos distintos pesos de abate e de carcaça proporcionados pelos tratamentos e estão de acordo com os resultados apresentados por Mattos et al. (2006) e Pereira Filho et al. (2007), que relataram menores pesos de cortes comerciais com a restrição alimentar.

As diferenças apresentadas para os rendimentos dos cortes comerciais corroboram o conceito de desenvolvimento centrípeto da carcaça, em que o seu padrão de crescimento é direcionado progressivamente das extremidades ao tórax, principalmente, para a região dorso-lombar (Warmington e Kirton, 1990; Yáñez et al., 2006). Segundo Butterfield (1988), os músculos dos membros e os músculos que circundam a coluna vertebral apresentam rápida velocidade de crescimento, com maturidade precoce, reduzindo a sua proporção na carcaça com a elevação de peso do animal. Por outro lado, os músculos do abdome, tórax, lombo e pescoço apresentam crescimento lento, com maturidade tardia, elevando as suas proporções na carcaça com o aumento de peso corporal. Desta forma, os menores rendimentos de perna e paleta e os maiores rendimentos de lombo e costelas obtidos com a alimentação à vontade, podem ser explicados, em função do maior peso de abate dos animais neste nível de oferta de alimentos (Osório et al., 1995).

O maior rendimento de tecidos moles e o menor rendimento de ossos com a alimentação à vontade, podem ser explicados, em função do maior peso de abate dos animais com esse nível de oferta de alimentos, pois, o tecido ósseo apresenta menor ímpeto de crescimento com o aumento do peso corporal, seguido pelo tecido muscular, e este, pelo tecido adiposo (Butterfield, 1988).

As diferenças de pesos dos CNC apresentadas entre os animais alimentados à vontade e os submetidos à restrição alimentar, podem ser explicadas, em função dos diferentes pesos de abate proporcionados entre os tratamentos, e corroboram

os resultados descritos por Siqueira et al. (2001) e Carvalho et al. (2005), que observaram maiores valores absolutos dos CNC em cordeiros com o aumento do PCA.

A ausência de efeito significativo entre os níveis de alimentação para os rendimentos de coração, VG, IG e de mesentério está de acordo com os resultados apresentados por Roque et al. (1999), que observaram desenvolvimento proporcional do coração e das vísceras do trato gastrintestinal em relação ao peso corporal de ovinos. Por outro lado, discorda do resultado relatado por Mattos et al. (2006), que observaram maior rendimento do trato gastrintestinal em caprinos submetidos à restrição alimentar, em comparação aos de alimentação à vontade.

Os valores semelhantes de rendimento de fígado apresentados pelos níveis de alimentação à vontade e restrição de 80 %, discorda do que foi relatado por Burrin et al. (1990), que observaram maior proporção de fígado em animais alimentados à vontade, devido ao aumento da taxa metabólica deste órgão, em função do maior aporte de nutrientes. Contudo, a restrição alimentar de 80 % não atendeu as exigências de manutenção dos cordeiros, que perderam peso durante o experimento. Desta forma, o metabolismo hepático nesses animais pode ter sido intenso, com grande atividade gliconeogênica, para tentar compensar o déficit energético da restrição (Klain et al., 1977), o que pode explicar a ausência de diferença no rendimento do fígado entre os tratamentos de alimentação à vontade e de restrição alimentar de 80 %.

O maior rendimento dos rins apresentado pelos animais submetidos à restrição alimentar de 80 %, pode ser explicado, em função do menor peso de abate dos animais deste tratamento, pois, de acordo com Pires et al. (2000) e Rosa et al. (2002), os rins apresentam desenvolvimento precoce e reduzem a sua proporção sobre o PCVZ com o aumento de peso corporal dos cordeiros.

O maior rendimento do ID dos cordeiros submetidos ao nível de 80 % de restrição alimentar discorda do que foi relatado por Furlan et al. (2011), que associaram maior desenvolvimento intestinal com a maior disponibilidade de nutrientes na dieta. Por outro lado, este resultado corrobora o descrito por Mattos et al. (2006), em que a restrição alimentar foi responsável pela redução no desenvolvimento da carcaça, com conseqüente incremento dos CNC em relação ao PCVZ.

O maior rendimento de GI com a alimentação à vontade, pode ser explicado, devido à maior disponibilidade de nutrientes com este nível de alimentação, proporcionando maior taxa de crescimento dos animais, e conseqüentemente, maior deposição de gordura, pois a deposição deste tecido eleva-se com o aumento de peso corporal do animal (Butterfield, 1988). Resultado semelhante foi descrito por Carvalho et al. (2007), que observaram maior proporção de GI em ovinos alimentados com maior nível energético e com maiores pesos de abate.

## **Conclusão**

A classe sexual não afeta os rendimentos de carcaça, de cortes comerciais e de CNC de cordeiros SPRD. A restrição alimentar reduz os rendimentos de carcaça. Os cordeiros submetidos à restrição alimentar apresentam maior rendimento de paleta e perna e menor rendimento de costelas e lombo. Os animais submetidos à restrição alimentar apresentam maior rendimento dos rins e ID e menor rendimento de GI.

## Referências

- AOAC, 1990. Official methods of analysis 15, (AOAC, Washington)
- Bernardi, J.R.A, Alves, J.B. and Marin, C.M., 2005. Desempenho de cordeiros sob quatro sistemas de produção, *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34, 1248--1255
- Bueno, M.S., Cunha, E.A., Santos, L.E., Roda, D.S. and Leinz, F.F., 2000. Características de carcaça de cordeiros Suffolk abatidos em diferentes idades, *Revista Brasileira de Zootecnia*, 29, 1803--1810
- Burrin, D.G., Ferrel, C.L., Britton, R.A. and Bauer, M., 1990. Level of nutrition and visceral organ size and metabolic activity in sheep, *British Journal of Nutrition*, 64, 439--448
- Butterfield, R.M., 1988. New concepts of sheep growth, (University of Sidney, Netley)
- Cartaxo, F.Q. and Sousa, W.H., 2008. Correlações entre as características obtidas in vivo por ultra-som e as obtidas na carcaça de cordeiros terminados em confinamento, *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37, 1490--1495
- Carvalho, S., Brochier, M.A., Pivato, J., Teixeira, R.C. and Kieling, R., 2007. Ganho de peso, características da carcaça e componentes não-carcaça de cordeiros da raça Texel terminados em diferentes sistemas alimentares, *Ciência Rural*, 37, 821--827
- Carvalho, S., Pires, C.C., Peres, J.R., Zeppenfeld, C. and Weiss, A., 1999. Desempenho de cordeiros machos inteiros, machos castrados e fêmeas, alimentados em confinamento, *Ciência Rural*, 29, 129--133
- Carvalho, S., Vergueiro, A., Kieling, R., Teixeira, R.C., Pivato, J., Viero, R. and Cruz, A.N., 2005. Avaliação da suplementação concentrada em pastagem de Tifton-85 sobre os componentes não carcaça de cordeiros, *Ciência Rural*, 35, 435--439
- Dantas, A.F., Pereira Filho, J.M., Silva, A.M.A., Santos, E.M., Sousa, B.B. and Cezar, M.F., 2008. Características da carcaça de ovinos Santa Inês terminados em pastejo e submetidos a diferentes níveis de suplementação, *Ciência e Agrotecnologia*, 32, 1280--1286
- Ferreira, M.A., Silva, F.M., Bispo, S.V. and Azevedo, M., 2009. Estratégias na suplementação de vacas leiteiras no semi-árido do Brasil, *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38, 322--329

- Furlan, R.L., Macari, M. and Faria Filho, D.E., 2011. Anatomia e fisiologia do trato gastrintestinal. In: T.T. BERCHIELLI, A.V. PIRES and S.G. OLIVEIRA (eds), *Nutrição de Ruminantes*, (Funep, Jaboticabal) 1--27
- Furusho-Garcia, I.F., Perez, J.R.O., Bonagurio, S., Lima, A.L. and Quintão, F.A., 2004. Estudo dos cortes da carcaça de cordeiros Santa Inês puros e cruzas Santa Inês com Texel, Ile de France e Bergamácia, *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33, 453--462
- Gonzaga Neto, S., Silva Sobrinho, A.G., Zeola, N.B.L., Marques, C.A.T., Silva, A.M.A., Pereira Filho, J.M. and Ferreira, Â.C.D., 2006. Características quantitativas da carcaça de cordeiros deslanados Morada Nova em função da relação volumoso:concentrado na dieta, *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35, 1487--1495
- Hall, M.B., 2000. Calculation of non-structural carbohydrate content of feeds that contain non-protein nitrogen, (University of Florida, Gainesville)
- Hashimoto, J.H., Alcalde, C.R., Silva, K.T., Macedo, F.A.F., Mexia, A.A., Santello, G.A., Martins, E.N. and Matsushita, M., 2007. Características de carcaça e da carne de caprinos Boer x Saanen confinados recebendo rações com casca do grão de soja em substituição ao milho, *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36, 165--173
- IBGE, 2010. *Produção pecuária municipal 2010*, (IBGE, Rio de Janeiro)
- Jenkins, T.G., Ford, J.J. and Klindt, J., 1988. Postweaning growth, feed efficiency and chemical composition of sheep as affected by prenatal and postnatal testosterone, *Journal of Animal Science*, 66, 1179--1185
- Kemp, J.D., Crouse, J.D., Deweese, W. and Moody, W.G., 1970. Effect of slaughter weight and castration on carcass characteristics of lambs, *Journal of Animal Science*, 30, 348--354
- Klain, G.J., Sullivan, F.J., Chinn, K.S.K., Hannon, J.P. and Jones, L.D., 1977. Metabolic responses to prolonged fasting and subsequent refeeding in the pig, *Journal of Nutrition*, 107, 426--435
- Mattos, C.W., Carvalho, F.F.R., Dutra Júnior, W.M., Veras, A.S.C., Batista, A.M.V., Alves, K.S., Ribeiro, V.L., Silva, M.J.M.S., Medeiros, G.R., Vasconcelos, R.M.J., Araújo, A.O. and Miranda, S.B.M., 2006. Características de carcaça e dos componentes não-carcaça de cabritos Moxotó e Canindé submetidos a dois níveis de alimentação, *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35, 2125--2134

- Nascimento, J.L.S., Costa, L.S.A. and Ximenes, L.J.F., 2010. Atuação do banco do Nordeste do Brasil em ciência e tecnologia na produção de caprinos e ovinos no nordeste do Brasil, *Acta Veterinaria Brasilica*, 4, 1--7
- NRC, 1996. Nutrient requirements of beef cattle, (National Academy Press, Washington)
- NRC, 2001. Nutrient requirements of dairy cattle, (National Academy Press, Washington)
- NRC, 2007. Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids, (National Academy Press, Washington)
- Osório, J.C.S., Siewerdt, F., Osório, M.T.M. and Guerreiro, J.L.V., 1995. Desenvolvimento alométrico das regiões corporais em ovinos, *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 24, 326--333
- Pell, A.N. and Schofield, P., 1993. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion in vitro, *Journal of Dairy Science*, 76, 1063--1073
- Pereira Filho, J.M., Resende, K.T., Teixeira, I.A.M.A., Silva Sobrinho, A.G., Yáñez, E.A. and Ferreira, A.C.D., 2007. Efeito da restrição alimentar sobre algumas características de carcaça de cabritos F1 Boer X Saanen, *Ciência e Agrotecnologia*, 31, 499--505
- Pires, C.C., Carvalho, S., Grandi, A., Kleszta, R. and Falleiro, V., 1999. Características quantitativas e composição tecidual da carcaça de cordeiros terminados em confinamento, *Ciência Rural*, 29, 539--543
- Pires, C.C., Silva, L.F. Farinatti, L.H.E., Peixoto, L.A.O., Fülber, M.E. and Cunha, M.A., 2000. Crescimento de cordeiros abatidos com diferentes pesos. 2. Constituintes corporais, *Ciência Rural*, 30, 869--873
- Ribeiro, E.L.A., Silva, L.D.F., Rocha, M. and Mizubuti, I.Y., 2003. Desempenho de cordeiros inteiros ou submetidos a diferentes métodos de castração abatidos aos 30 kg de peso vivo, *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32, 745--752
- Roque, A.P., Osório, J.C., Jardim, P.O., Oliveira, N.M. and Osório, M.T.M., 1999. Produção de carne em ovinos de cinco genótipos. 6. Desenvolvimento relativo, *Ciência Rural*, 29, 549--553
- Rosa, G.T., Pires, C.C., Silva, J.H.S. and Motta, O.S., 2002. Proporções e coeficientes de crescimento dos não-componentes da carcaça de cordeiros e cordeiras em diferentes métodos de alimentação, *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31, 2290--2298

- SAS, 2003. User' s guide: version 9.1., (SAS Inc, Cary)
- Schanbacher, B.D., Crouse, J.D. and Ferrell, C.L.,1980. Testosterone influences on growth, performance and carcass characteristics and composition of market young lambs, *Journal of Animal Science*, 51, 685--691
- Siqueira, E.R., Simões, C.D. and Fernades, S., 2001. Efeito do sexo e do peso ao abate sobre a produção de carne de cordeiro. Morfometria da carcaça, pesos dos cortes, composição tecidual e componentes não constituintes da carcaça, *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30, 1299--1307
- Warmington, B.G. and Kirton, A.H., 1990. Genetic and non-genetic influences on growth and carcass traits of goats, *Small Ruminant Research*, 3, 147--165
- Yamamoto, S.M., Macedo F.A.F., Mexia, A.A., Zundt, M., Sakaguti, E.S., Rocha, G.B.L., Regaçoni, K.C.T.E. and Macedo, R.M.G., 2004. Rendimentos dos cortes e não componentes das carcaças de cordeiros terminados com dietas contendo diferentes fontes de óleo vegetal, *Ciência Rural*, 34, 1909--1913
- Yáñez, E.A., Resende, K.T., Ferreira, A.C.D., Pereira Filho, J.M., Silva Sobrinho, A.G., Teixeira, I.A.M.A., Medeiros, A.N., 2006. Restrição alimentar em caprinos: rendimento, cortes comerciais e composição da carcaça, *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35, 2093--2100

## 5. ARTIGO 3

### **Exigências de energia e proteína para manutenção e ganho de cordeiros sem padrão racial definido de diferentes classes sexuais**

**Resumo:** Objetivou-se determinar as exigências de energia e proteína para manutenção e ganho de cordeiros sem padrão racial definido (SPDR). Foram utilizados 60 animais de três classes sexuais (20 machos inteiros, 20 machos castrados e 20 fêmeas), com peso corporal inicial de  $18,1 \pm 0,4$  kg e cinco meses de idade média. As exigências nutricionais foram estimadas por meio de um ensaio de abate comparativo, sendo os animais do grupo de abate final distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3x3, sendo três classes sexuais e três níveis de alimentação: alimentação à vontade (balanço energético positivo), restrição alimentar de 70% (nível de manutenção) e restrição alimentar de 80% do consumo à vontade (balanço energético negativo). A dieta foi constituída de capim elefante e concentrado com relação volumoso:concentrado de 40:60. Os animais foram confinados por 58 dias e o peso corporal médio de abate e o ganho médio diário dos cordeiros do tratamento à vontade foram  $29,2 \pm 0,6$  e  $0,19 \pm 0,01$  kg, respectivamente. A exigência de energia líquida de manutenção (ELm) não diferiu entre as classes sexuais ( $P > 0,05$ ). De qualquer forma, o valor de exigência de ELm para os machos inteiros foi 13% superior ao valor apresentado pelas fêmeas, sendo este, 25% superior ao valor estimado para os machos castrados. Considerando todas as classes sexuais, a exigência de ELm foi de 68 Kcal/kg de peso de corpo vazio metabólico ( $PCVZ^{0,75}/d$ ). Em relação à exigência de proteína de manutenção, observou-se que, as perdas endógenas de nitrogênio dos machos inteiros ( $432$  mg/kg de  $PCVZ^{0,75}/d$ ) e dos machos castrados ( $423$  mg/kg de  $PCVZ^{0,75}/d$ ) foram superiores ( $P < 0,05$ ) ao valor estimado para as fêmeas ( $165$  mg/kg de  $PCVZ^{0,75}/d$ ). Os coeficientes obtidos pela regressão não linear entre a energia retida (ER) e o ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ) não diferiram ( $P > 0,05$ ) entre as classes sexuais. Desta forma, independentemente da classe sexual, a exigência de energia líquida de ganho (ELg) para cordeiros SPRD foi estimada utilizando a seguinte equação:  $ELg$  (Mcal/d) =  $0,29 * PCVZ^{0,75} * GPCVZ^{0,86}$ . A exigência de PLg para cordeiros SPRD foi estimada por meio da seguinte equação:  $PLg$  (g/dia) =  $224,45 * GPCVZ - 0,025 * ER$ .

**Palavras-chave:** abate comparativo. composição corporal. maturidade corporal. ovinos. semiárido.

## **Energy and protein requirements for maintenance and gain of non-descript breed lambs of different sexual classes**

**Abstract:** The aim of this experiment was to determine energy and protein requirements for maintenance and growth of non-descript breed lambs. Sixty lambs from three sexual classes (20 intact males, 20 castrated males and 20 females) were used. The average age and initial body weight were five months and  $18.1 \pm 0.4$  kg, respectively. Nutrient requirements were estimated using a comparative slaughter trial and animals that formed the group of final slaughter were distributed completely randomized in a 3x3 factorial design with three sexual classes and three feeding levels: ad libitum feeding (positive energy balance), 70% feed restriction (maintenance level) and feed restriction of 80% of ad libitum intake (negative energy balance). The diet was composed of elephant grass and concentrate with a roughage:concentrate ratio of 40:60. The animals were confined for 58 days and the slaughter body weight and average daily gain of lambs fed ad libitum were  $29.2 \pm 0.6$  and  $0.19 \pm 0.01$  kg, respectively. The net energy requirement for maintenance (NEm) did not differ between sexual classes ( $P>0.05$ ). Anyway, the value of NEm requirement for intact males was 13% higher than the value presented by females, which was 25% higher than the value estimated for castrated males. Considering all sexual classes, the NEm requirement was 68 kcal/kg of metabolic empty body weight ( $EBW^{0.75}/d$ ). Regarding the maintenance requirement for protein, it was observed that the endogenous losses of nitrogen from intact males (432 mg/kg of  $EBW^{0.75}/d$ ) and castrated males (423 mg/kg of  $EBW^{0.75}/d$ ) were higher ( $P<0.05$ ) than the estimated value for females (165 mg/kg of  $EBW^{0.75}/d$ ). The coefficients obtained by nonlinear regression of retained energy (RE) and empty body gain (EBG) did not differ ( $P>0.05$ ) between sexual classes. Thus, regardless of sexual class, the NEg requirement was estimated using the following equation:  $NEg$  (Mcal/d) =  $0.29 * EBW^{0.75} * EBG^{0.86}$ . The NPg requirement for non-descript breed lambs was estimated by the following equation:  $NPg$  (g/dia) =  $224.45 * EBG - 0.025 * RE$ .

**Keywords:** body composition. body maturity. comparative slaughter. semi-arid. sheep.

## Introdução

A ovinocultura é uma das principais atividades econômicas desenvolvida pela população rural do semiárido do Nordeste brasileiro. De acordo com o IBGE (2010), 56,7% do rebanho ovino nacional encontra-se na região Nordeste, representado em sua maior parte, por animais sem padrão racial definido (SPRD), caracterizados por sua rusticidade e adaptabilidade às condições de clima semiárido (Bezerra et al., 2011; Selaive-Villarroel e Souza Júnior, 2005).

Em virtude das fontes de alimentos e de água estarem se tornando limitadas, ou muitas vezes, escassas em algumas regiões do mundo, a determinação precisa e acurada das exigências nutricionais de pequenos ruminantes é fundamental para assegurar o gasto mínimo destes recursos (Tedeschi et al., 2008). Apesar disso, as recomendações nutricionais de ovinos criados no Brasil ainda não foram estabelecidas, devido à falta de informações, em função dos poucos estudos realizados.

Neste contexto, durante a formulação das dietas dos animais, os criadores de ovinos brasileiros são obrigados a utilizarem as informações nutricionais preconizadas pelos comitês de alimentação internacionais, tais como: o AFRC (1993), o CSIRO (1990, 2007), o INRA (1988, 2007) e o NRC (1985, 2007). Contudo, as normas de exigências nutricionais estabelecidas por estes sistemas de alimentação foram baseadas em estudos com raças, alimentos e condições climáticas distintas das que são encontradas no Brasil, podendo desta forma, não atenderem a realidade da demanda nutricional dos cordeiros mantidos nos sistemas brasileiros de criação (Oliveira et al., 2004).

De acordo com o NRC (2007), as exigências nutricionais de ovinos podem ser influenciadas pelo nível de alimentação, genótipo, sexo, idade, atividade e pelas condições ambientais. Os poucos estudos realizados no Brasil sobre as exigências nutricionais de ovinos apresentam resultados discrepantes do que é preconizado pelos principais comitês internacionais de alimentação animal (Galvani et al., 2009; Regadas Filho et al., 2011; Silva et al., 2010). Contudo, estudos sobre as exigências nutricionais de ovinos SPRD não foram encontrados na literatura consultada.

Além disso, apesar dos principais sistemas de alimentação terem admitido haver discrepâncias nas exigências nutricionais entre sexos, devido, principalmente, aos distintos pesos de maturidade corporal alcançados entre machos e fêmeas,

estas diferenças ainda não foram bem estabelecidas, em virtude dos poucos estudos disponíveis que avaliaram as exigências de ovinos de diferentes classes sexuais no mesmo ensaio experimental, e, dos resultados contraditórios apresentados entre estes (Bull et al., 1970; Carvalho et al., 2000; Ferrell et al., 1979; Graham, 1968; Marais, 1991; Rattray et al., 1973). Diante do exposto, objetivou-se determinar as exigências de energia e proteína para manutenção e ganho de cordeiros SPRD de diferentes classes sexuais e mantidos em condições de clima semiárido.

## **Material estudado, descrição de área, métodos e técnicas**

O experimento foi realizado no Setor de Produção Animal e no Laboratório de Bromatologia e Nutrição Animal do Campus de Ciência Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF e no Abatedouro e Laboratório de Processamento de Carnes do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano - IFET, localizados no município de Petrolina, Estado de Pernambuco. O clima predominante da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Bsh, caracterizado por temperaturas elevadas, baixa umidade do ar, elevadas taxas de evaporação, e, especialmente, pela escassez e irregularidade acentuada na distribuição de chuvas (Ferreira et al., 2009). De acordo com o Laboratório de Meteorologia e Bioclimatologia da UNIVASF, durante o período de alimentação dos animais, de maio a julho de 2010, a temperatura média diária foi de 25°C e a umidade média relativa do ar foi de 62,7%.

Foram utilizados 60 cordeiros deslanados SPRD de três classes sexuais (20 machos inteiros, 20 machos castrados e 20 fêmeas), com peso corporal inicial de  $18,1 \pm 0,4$  kg e cinco meses de idade média. Os cordeiros foram submetidos a um período de 30 dias de adaptação às instalações e à dieta experimental, sendo, pesados, identificados e tratados contra ecto e endoparasitas. Os machos castrados já foram adquiridos nesta condição e a castração foi realizada com a utilização de burdizzo, quando os animais tinham aproximadamente três meses de idade.

Após o período de adaptação, foi formado um grupo referência de 15 animais (cinco machos inteiros, cinco machos castrados e cinco fêmeas), que foram abatidos no início do experimento para serem utilizados na estimativa da composição corporal inicial e do peso de corpo vazio inicial dos animais do grupo de abate final. Os 45 cordeiros remanescentes foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3x3, sendo três classes sexuais e três níveis de alimentação, com cinco repetições.

Os diferentes níveis de oferta de alimentos tiveram o objetivo de proporcionar diferentes níveis de balanço energético aos animais. Os níveis de oferta de alimentos foram os seguintes: alimentação à vontade (balanço energético positivo); restrição de 70% do consumo à vontade (nível de manutenção) e restrição de 80% do consumo à vontade (balanço energético negativo). A restrição alimentar foi calculada

de acordo com o consumo observado na última semana do período de adaptação e a quantidade fornecida foi ajustada em função do peso corporal dos animais.

A dieta foi oferecida na forma de ração completa e tinha 20,39% de proteína bruta (PB) na matéria seca (MS) e 1,94 Mcal de energia metabolizável (EM) por kg de MS, formulada de acordo com as recomendações do NRC (2007) para machos inteiros de quatro meses de idade, de maturidade tardia e consumo à vontade, com 20 kg de peso corporal e GMD de 300 g/animal/d, sendo constituída de capim elefante *in natura* picado (*Pennisetum purpureum*) e concentrado a base de milho moído e farelo de soja (Tabelas 1 e 2), com relação volumoso:concentrado de 40:60, sendo ofertada aos animais duas vezes ao dia às 8 e às 15 h.

**Tabela 1** Matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN) e carboidratos não fibrosos (CNF) dos alimentos utilizados na dieta em porcentagem

Alimentos	MS	<sup>a</sup> MM	<sup>a</sup> MO	<sup>a</sup> PB	<sup>a</sup> EE	<sup>a</sup> FDN	<sup>a</sup> CNF
Capim elefante	24,0	9,9	90,1	5,3	3,1	72,0	9,7
Farelo de soja	90,1	7,2	92,8	51,0	0,8	11,2	30,1
Milho moído	90,2	1,3	98,7	10,3	2,7	16,6	69,1

<sup>a</sup> % da matéria seca.

**Tabela 2** Proporção dos ingredientes e composição bromatológica da dieta

Ingredientes na dieta	
Capim elefante (% MS)	40,0
Milho moído (% MS)	28,56
Farelo de Soja (% MS)	29,52
Cloreto de sódio (% MS)	0,54
<sup>a</sup> Premix comercial (% MS)	1,11
Uréia (% MS)	0,27
Nutrientes da dieta	
Matéria seca (%)	63,82
Matéria orgânica (% MS)	91,95
Matéria mineral (% MS)	6,94
Proteína bruta (% MS)	20,39
Extrato etéreo (% MS)	2,27
Fibra em detergente neutro (% MS)	36,90
Carboidratos não fibrosos (% MS)	32,87
<sup>b</sup> Energia digestível (Mcal/kg de MS)	2,37
<sup>b</sup> Energia metabolizável (Mcal/kg de MS)	1,94

<sup>a</sup> Contém 240 g/kg de Ca; 71 g/kg de P; 28,2 g/kg de K; 20 g/kg de S; 20 g/kg de Mg; 30 mg/kg de Co; 400 mg/kg de Cu; 250 mg/kg de Fe; 1.350 mg/kg de Mn; 15 mg/kg de Se; 1.700 mg/kg de Zn; 40 mg/kg de I; 10 mg/kg de Cr; 710 mg/kg de F; 135.000 UI/kg de vitamina A; 68.000 UI/kg de vitamina D3 e 450 UI/kg de vitamina E; <sup>b</sup> Médias de energia digestível e energia metabolizável no nível de alimentação à vontade calculadas de acordo com o NRC (2001) e o NRC (1996), respectivamente.

Os cordeiros foram confinados por 58 dias após o período de adaptação, divididos em dois períodos experimentais de 29 dias, nos quais os animais foram pesados antes da alimentação, em balança digital, para a determinação do GMD. Os animais foram alojados em baias individuais cobertas, providas de comedouro e bebedouro, e com piso de concreto. Para os ovinos do tratamento à vontade, foram permitidas sobras de em torno de 20%. Os animais tiveram acesso à água fresca à vontade.

A quantidade de ração oferecida e as sobras foram pesadas em balança digital e registradas diariamente para o cálculo de consumo. Amostras do concentrado e do capim elefante ofertados e das sobras foram coletadas e congeladas em freezer a -20°C, sendo, posteriormente, elaboradas amostras compostas das sobras de cada animal e dos alimentos. Em seguida, as amostras compostas foram pré-secas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 h, moídas em moinho de facas (Marconi, MA-580, Piracicaba, Brasil) com peneira contendo crivos de 1 mm e armazenadas em recipientes de plástico fechado para as posteriores análises.

A fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) foi utilizada como indicador interno para estimar a produção total de fezes. As amostras de fezes foram coletadas diretamente da ampola retal dos animais às 8:00 h do dia 15, às 12 h do dia 17 e às 16:00 h do dia 19 de cada período experimental de 29 dias (Chizzotti et al., 2007). Em seguida, as amostras de fezes foram pré-secas a 55°C e moídas com granulometria de 1 mm, sendo elaborada, posteriormente, uma amostra composta de fezes de cada animal obtida durante os dois períodos de coleta. As amostras de alimentos, sobras e fezes foram incubadas no rúmen de um bovino fistulado durante 240 horas, em sacos de tecido não tecido (TNT), em duplicata (Casali et al., 2008). Após a incubação, os sacos foram lavados com água e fervidos por uma hora com detergente neutro, em autoclave, e em seguida, novamente lavados, com água destilada e acetona, para posterior secagem em estufa a 55°C por 72 h. A produção de MS fecal foi obtida dividindo-se o consumo de FDNi pela concentração de FDNi nas fezes (Cochran et al., 1986).

As análises bromatológicas foram realizadas conforme a metodologia descrita pela AOAC (1990), sendo determinados os teores de MS, após 12 h em estufa a 105°C; matéria mineral (MM), após combustão completa em forno mufla a 600°C por 6 h; matéria orgânica (MO), obtida pela seguinte fórmula:  $MO = 100 - \%MM$ ; PB, utilizando o método Micro Kjeldahl; e extrato etéreo (EE), por meio do extrator de

gordura XT10 (ANKOM Technology Corp., Fairport, USA) nos alimentos, sobras e fezes. As concentrações de fibra em detergente neutro (FDN) nos alimentos, sobras e fezes foram determinadas conforme metodologia descrita por Pell e Schofield (1993). Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram calculados utilizando a seguinte fórmula (Hall, 2000):  $CNF = 100 - (\% MM + \% PB + \% EE + \% FDN)$ .

O coeficiente de digestibilidade (CD) dos nutrientes foi calculado por meio da seguinte fórmula:  $CD \text{ nutriente } (\%) = 100 * [100 - (\% \text{ de FDNi consumido} / \% \text{ de FDNi nas fezes}) * (\% \text{ do nutriente nas fezes} / \% \text{ do nutriente consumido})]$ . O consumo de nutrientes digestíveis totais (CNDT) foi obtido de acordo com Sniffen et al. (1992), utilizando a seguinte fórmula:  $CNDT \text{ (kg)} = PBD + FDND + CNFD + (2,25 * EED)$ , em que, PBD, FDND, CNFD e EED significam, respectivamente, proteína bruta digestível, fibra em detergente neutro digestível, carboidratos não fibrosos digestíveis e extrato etéreo digestível (kg). O consumo de energia digestível (CED) foi estimado a partir da seguinte fórmula (NRC, 2001):  $CED \text{ (Mcal)} = (PBD * 5,6) + (FDND * 4,2) + (CNFD * 4,2) + (EED * 9,4)$ . O consumo de energia metabolizável (CEM) foi considerado como sendo 82% do CED (NRC, 1996). Os valores de CNDT, CED e CEM foram divididos pelo consumo de matéria seca (CMS) dos animais para o cálculo das concentrações energéticas em cada nível de oferta de alimentos.

Os cordeiros foram abatidos ao término do confinamento. Antes do abate, os animais foram submetidos a jejum alimentar prévio de 16 h, sendo, posteriormente, pesados em balança digital, para a obtenção do peso corporal de jejum (PCJ). O abate ocorreu por insensibilização seguida de sangria, através da secção das artérias carótidas e das veias jugulares, com coleta e pesagem do sangue. Em seguida, realizou-se a esfolação, evisceração, esvaziamento e lavagem das vísceras do trato gastrointestinal e retiradas da cabeça, das patas e dos órgãos genitais. As vesículas biliar e urinária também foram esvaziadas.

Os valores das pesagens do coração, pulmões, fígado, baço, rins, gordura interna, mesentério, cauda e aparas, juntamente com os do trato gastrointestinal lavado, foram adicionados aos valores dos pesos das demais partes do corpo (carcaça, cabeça, pele, pés e sangue) para determinação do peso de corpo vazio (PCVZ). A relação obtida entre o PCVZ e o peso corporal dos animais referência de cada classe sexual foi utilizada para a estimativa do PCVZ inicial dos animais que permaneceram confinados até o abate final.

As carcaças foram transportadas para câmara frigorífica a 4°C, onde permaneceram por 24 h, sendo depois, pesadas para a obtenção do peso de carcaça fria (PCF). Em seguida, as carcaças foram divididas longitudinalmente com uma serra fita em duas meias carcaças, que foram pesadas novamente em balança digital. A meia carcaça esquerda foi descarnada, sendo separada em ossos e tecidos moles (músculos, gordura e tendões). Os tecidos moles e ossos da meia carcaça esquerda e as vísceras mais o sangue, a cabeça inteira e as quatro patas de cada animal foram moídos em moedor industrial de carne. A pele foi dividida em duas partes, sendo uma das metades cortada em pequenos pedaços para a coleta de amostras. Desta forma, para cada animal, foi obtida uma amostra homogênea de tecidos moles; ossos; vísceras mais sangue, cabeça e patas; e de pele.

A secagem e o pré-desengorduramento das amostras foram realizadas de acordo com a adaptação da metodologia descrita por Kock e Preston (1979). Subamostras de cada componente corporal foram acondicionadas em vidros com capacidade de 200 mL e levadas à estufa a 105°C por um período entre 48 a 72 h. Por diferença entre as pesagens realizadas antes e após a secagem em estufa foi determinada a matéria seca gordurosa (MSG). Em seguida, a amostra seca foi submetida a lavagens sucessivas com éter de petróleo, e novamente, por diferença de pesagem, foi obtida a matéria seca pré-desengordurada (MSPD).

Depois de pré-desengorduradas, as amostras foram moídas em moinho de bola (TE350, Tecnal, Piracicaba, Brasil), e armazenadas em recipientes de plástico fechados, para as posteriores determinações de nitrogênio total, EE e MM, utilizando a metodologia descrita pela AOAC (1990). A gordura removida no pré-desengorduramento foi calculada por meio da diferença entre a MSG e a MSPD, cujo resultado foi adicionado ao obtido da análise de EE residual na MSPD, sendo desta forma, determinado o teor de gordura total.

Por meio das proporções de tecidos moles e de ossos sobre o peso da meia carcaça esquerda e do PCF, foram estimados os valores de tecidos moles e de ossos da carcaça como um todo. A partir do conhecimento dos teores de proteína, gordura e minerais na MSPD e do peso da amostra submetida ao pré-desengorduramento, foram determinados os respectivos teores na matéria natural para cada componente corporal. Posteriormente, os valores dos nutrientes de cada componente corporal foram somados, obtendo-se desta forma, as concentrações

dos nutrientes sobre o PCVZ. O teor de água no PCVZ foi estimado através da seguinte fórmula: água (%) = 100 - (% de proteína + % de gordura + % de MM).

A determinação da energia corporal foi obtida a partir dos teores corporais de proteína e gordura e seus respectivos equivalentes calóricos, conforme a equação preconizada pelo ARC (1980): conteúdo energético (Mcal) = 5,6405 \* proteína (kg) + 9,3929 \* gordura (kg). Por meio da diferença entre a composição corporal inicial e final dos animais, determinaram-se as quantidades retidas de proteína, gordura e energia. A produção de calor (PC) foi estimada por meio da diferença entre o CEM e a energia retida (ER) no corpo vazio dos animais (Lofgreen e Garrett, 1968).

Os conteúdos de gordura, proteína e energia retidos no corpo dos animais de cada tratamento e para todos os tratamentos em conjunto, foram estimados por meio de equações de regressão do logaritmo do conteúdo corporal de proteína, gordura ou energia em função do logaritmo do PCVZ, segundo o ARC (1980), conforme o seguinte modelo:  $Y = a + b * X + e$ , em que: Y = logaritmo do conteúdo total de proteína (kg), gordura (kg) ou energia (Mcal) retido no corpo vazio; a = intercepta; b = coeficiente angular do logaritmo do conteúdo de gordura, proteína ou energia em função do logaritmo do PCVZ; X = logaritmo do PCVZ e e = erro aleatório.

Para estimar o valor de exigência de energia líquida de ganho (ELg) foi utilizado o seguinte modelo (Chizzotti et al., 2008):  $ELg = a * PCVZ^{0,75} * GPCVZ^b$ , sendo 'a' e 'b' os coeficientes obtidos pela regressão não linear da energia retida (ER) sobre o ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ). A exigência de proteína líquida de ganho (PLg) foi estimada por meio do seguinte modelo (Marcondes et al., 2010):  $PLg (g/d) = b * GPCVZ - c * ER$ , sendo 'b' e 'c' os coeficientes angulares obtidos pela regressão linear múltipla da proteína retida (PR) sobre o ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ) e sobre a energia retida no ganho (ER), respectivamente. Na determinação das exigências de ELg e PLg foram utilizados apenas os dados dos animais que tiveram GPCVZ maior que zero.

As exigências de ELg e PLg também foram calculadas derivando-se a equação do conteúdo corporal de energia e proteína em função do logaritmo do PCVZ, obtendo-se a equação:  $Y' = b * 10^a * X^{b-1}$ , em que Y' = exigência líquida de proteína (g) ou energia (Mcal) para ganho; a = intercepto da equação de predição do conteúdo corporal de proteína ou energia; b = coeficiente de regressão da equação do conteúdo corporal de proteína ou energia e X = PCVZ (kg).

A exigência de energia líquida para manutenção (ELm) foi estimada pelo método não linear, de acordo com o seguinte modelo (Ferrell e Jenkins, 1998):  $PC = a * e^{(b * CEM)} + e$ , sendo: PC = produção de calor (kcal/kg de PCVZ<sup>0,75</sup>/d); CEM = consumo de energia metabolizável (kcal/kg de PCVZ<sup>0,75</sup>/d); a = estimativa da exigência líquida de energia para manutenção; b = coeficiente de regressão e e = erro aleatório. A exigência de ELm também foi estimada por meio do anti-log da intercepta da equação obtida pela regressão linear entre o logaritmo da PC e o CEM, segundo Lofgreen e Garrett (1968).

A eficiência de utilização da EM para manutenção (Km) foi estimada pelo método iterativo, no qual, quando o CEM se igualou à PC, esse foi considerado como a exigência de energia metabolizável para manutenção (EMm), que então, foi dividida pela exigência de ELm obtida pelo método não linear, retornando o valor de Km (Ferrell e Jenkins, 1998). O coeficiente angular obtido por meio da regressão da ER com o CEM foi considerado como sendo a eficiência de utilização da EM para o ganho (Kg). Sendo assim, a exigência de energia metabolizável para o ganho (EMg) foi calculada da seguinte forma:  $EMg = ELg/Kg$ . A EMm também foi estimada por um método alternativo, por meio da divisão da intercepta pelo coeficiente angular obtidos na regressão entre a ER e o CEM (Chizzotti et al., 2008).

A exigência de proteína bruta líquida de manutenção (PBLm) foi estimada por meio da regressão entre o nitrogênio retido e o consumo de nitrogênio. A intercepta negativa da equação correspondeu ao valor das perdas metabólica fecal e endógena urinária de nitrogênio, que multiplicado por 6,25, resultou na exigência de PBLm (Chizzotti et al., 2007; Vêras et al., 2007).

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o SAS (2003). O procedimento PROC GLM foi utilizado para as regressões lineares simples e múltiplas e o procedimento PROC NLIN foi utilizado para as regressões não lineares. A comparação dos coeficientes de regressão entre as diferentes classes sexuais foi realizada por meio da ferramenta *solution* para as regressões lineares e por meio de intervalo de confiança de 95% para as regressões não lineares. A avaliação dos efeitos do nível de oferta de alimentos e da classe sexual sobre os parâmetros de consumo, desempenho, balanço energético e de composição corporal foi efetuada através do PROC GLM, utilizando o nível de significância de 5%, de acordo com o seguinte modelo estatístico:  $Y = \mu + \alpha + \beta + \alpha\beta + e$ , sendo:  $\mu =$

média;  $\alpha$  = efeito do nível de alimentação;  $\beta$  = efeito da classe sexual;  $\alpha\beta$  = interação do nível de alimentação com a classe sexual e  $e$  = erro aleatório.

## Resultados

Não houve efeito de classe sexual e nem interação de classe sexual com o nível de oferta de alimentos ( $P>0,05$ ) sobre o CMS, CNDT, CED, CEM e sobre a concentração energética da dieta. Por outro lado, houve efeito ( $P<0,05$ ) do nível de oferta de alimentos sobre os CMS, CNDT, CED e CEM, sendo observados maiores valores para o nível de alimentação à vontade, seguido da restrição de 70%, que por sua vez, foi maior em comparação ao nível de 80% de restrição (Tabela 3). Em relação às concentrações de ED e EM na dieta, observou-se que, o tratamento com alimentação à vontade apresentou valores inferiores ( $P<0,05$ ) aos apresentados pelos níveis de restrição alimentar de 70 e 80%, que não diferiram entre si ( $P>0,05$ ) (Tabela 3).

**Tabela 3** Médias do consumo de matéria seca (CMS), consumo de matéria seca (CMS) em porcentagem de peso corporal metabólico (%PC<sup>0,75</sup>), consumo de nutrientes digestíveis totais (CNDT), consumo de energia digestível (CED), consumo de energia metabolizável (CEM), consumo de energia metabolizável (CEM) em porcentagem do peso corporal metabólico (%PC<sup>0,75</sup>) e das concentrações de energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM) da dieta de cordeiros alimentados à vontade (AV) e com restrições de 70 e 80% do consumo à vontade

Variável	Níveis de oferta de alimentos			<sup>d</sup> EPM	Valor de P
	AV	70%	80%		
CMS (kg/d)	1,17a	0,35b	0,24c	0,04	<0,0001
CMS (%PC <sup>0,75</sup> /d)	11,0a	3,9b	2,8c	0,29	<0,0001
CNDT (kg/d)	0,61a	0,23b	0,15c	0,03	<0,0001
CED (Mcal/d)	2,78a	1,03b	0,70c	0,12	<0,0001
CEM (Mcal/d)	2,28a	0,84b	0,57c	0,10	<0,0001
CEM (Mcal/kg PC <sup>0,75</sup> /d)	0,214a	0,095b	0,069c	0,01	<0,0001
ED (Mcal/kg MS)	2,37b	2,94a	2,97a	0,10	<0,0001
EM (Mcal/kg MS)	1,94b	2,41a	2,44a	0,08	<0,0001

a, b, c - Médias na mesma linha seguidas por letras distintas diferem entre si no teste de Tukey ( $P<0,05$ ); <sup>d</sup>EPM - Erro padrão das médias.

O PCJ, o PCVZ, os teores de gordura, minerais e água (%PCVZ) e a concentração de energia (Mcal/kg de PC<sup>0,75</sup>) não diferiram ( $P>0,05$ ) entre as classes sexuais dos cordeiros do grupo de abate referência (Tabela 4). Por outro lado, houve diferença ( $P<0,05$ ) em relação ao teor de proteína, sendo maior nos machos castrados e menor nas fêmeas. Os machos inteiros apresentaram valor intermediário de proteína, não diferindo ( $P>0,05$ ) das demais classes sexuais (Tabela 4).

**Tabela 4** Médias do peso de corpo jejum (PCJ), peso de corpo vazio (PCVZ), teores de gordura, proteína, minerais e água em porcentagem do peso de corpo vazio (%PCVZ) e do valor de energia em Mcal/kg de peso corporal metabólico ( $PC^{0,75}$ ) dos machos inteiros (MI), machos castrados (MC) e das fêmeas (F) do grupo de abate referência

Variável	Classe sexual			°EPM	Valor de P
	MI	MC	F		
PCJ (kg)	12,7	11,7	10,6	2,07	0,7412
PCVZ (kg)	12,5	11,3	9,9	1,98	0,6853
Gordura (%PCVZ)	7,1	3,1	4,9	1,99	0,3225
Proteína (%PCVZ)	17,3ab	17,6a	16,0b	0,34	0,0254
Minerais (%PCVZ)	4,8	5,1	5,0	0,19	0,3771
Água (%PCVZ)	70,9	74,2	74,1	1,99	0,3700
Energia (Mcal/kg $PC^{0,75}$ )	1,7	1,3	1,4	0,19	0,3432

a, b - Médias na mesma linha seguidas por letras distintas diferem entre si no teste de Tukey ( $P < 0,05$ ); ° EPM - Erro padrão das médias.

Não houve efeito de classe sexual e nem interação de classe sexual com o nível de oferta de alimentos ( $P > 0,05$ ) sobre o desempenho, a concentração de nutrientes sobre o PCVZ e o balanço de energia. Por outro lado, o desempenho dos animais alimentados à vontade foi superior ( $P < 0,05$ ) aos apresentados pelos animais submetidos à restrição alimentar, sendo o desempenho dos cordeiros do tratamento com 70% de restrição maior ( $P < 0,05$ ) em comparação aos submetidos à restrição de 80% (Tabela 5).

Em relação às concentrações de nutrientes no PCVZ dos animais do grupo de abate final, houve diferenças ( $P < 0,05$ ) entre os níveis de alimentação (Tabela 5). A concentração de gordura foi maior para o tratamento à vontade, seguido pelo tratamento com 70% de restrição, que foi superior em comparação ao nível de 80% de restrição ( $P < 0,05$ ). Por outro lado, em relação ao teor de proteína, o maior valor foi apresentado pelo tratamento com 80% de restrição e o menor valor pelo nível de alimentação à vontade ( $P < 0,05$ ). O tratamento com 70% de restrição apresentou valor intermediário de proteína, não diferindo dos demais tratamentos ( $P > 0,05$ ). Para a concentração de água, obteve-se maior valor no tratamento com 80% de restrição, seguido pelo tratamento com 70% de restrição, que por sua vez, foi superior ao valor apresentado pelo nível de alimentação à vontade ( $P < 0,05$ ). Além disso, observaram-se maiores teores de minerais nos níveis de 80 e 70% de restrição, que não diferiram entre si ( $P > 0,05$ ), e foram superiores ao valor apresentado pelo nível de alimentação à vontade ( $P < 0,05$ ) (Tabela 5).

O valor de ER foi superior ( $P < 0,05$ ) com a alimentação à vontade em comparação aos níveis de restrição alimentar (Tabela 5). Em relação aos níveis de restrição, observaram-se valores negativos de ER, sendo o menor valor de ER apresentado pelo tratamento com 80% de restrição ( $P < 0,05$ ) (Tabela 5). A PC foi maior ( $P < 0,05$ ) para os animais mantidos com alimentação à vontade, em comparação aos cordeiros submetidos à restrição alimentar de 70 e 80%, que não diferiram entre si ( $P > 0,05$ ) (Tabela 5).

**Tabela 5** Médias do peso de corpo em jejum inicial (PCJi), peso de corpo em jejum final (PCJf), peso de corpo vazio final (PCVzf), relação do peso de corpo vazio final com o peso de corpo em jejum final (PCVzf:PCJf), ganho médio diário (GMD), ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ), relação do ganho de peso de corpo vazio com o ganho médio diário (GPCVZ:GMD), teores de gordura, proteína, minerais e água em porcentagem do peso de corpo vazio (%PCVZ), energia retida (ER) e da produção de calor (PC) em Kcal/kg de peso corporal metabólico ( $PC^{0,75}/d$ ) de cordeiros alimentados à vontade (AV) e com restrições de 70 e 80% do consumo à vontade

Variável	Níveis de oferta de alimentos			EPM	Valor de P
	AV	70%	80%		
PCJi (kg)	18,1	18,0	18,1	1,43	0,9950
PCJf (kg)	29,2a	18,7b	15,5c	1,18	<0,0001
PCVzf (kg)	26,6a	16,3b	13,9c	1,15	<0,0001
PCVzf:PCJf	0,91	0,88	0,90	0,40	0,4644
GMD (kg/d)	0,19a	0,01b	-0,05c	0,02	<0,0001
GPCVZ (kg/d)	0,16a	-0,01b	-0,06c	0,02	<0,0001
GPCVZ:GMD	0,85	0,79	1,34	0,45	0,0735
Gordura (%PCVZ)	18,8a	10,0b	6,9c	1,40	<0,0001
Proteína (%PCVZ)	15,6b	16,2ab	16,6a	0,43	0,0135
Minerais (%PCVZ)	4,2b	5,2a	5,6a	0,26	<0,0001
Água (%PCVZ)	61,4c	68,6b	71,0a	1,26	<0,0001
ER (Kcal/kg $PC^{0,75}/d$ )	62,0a	-2,0b	-21,0c	8,0	<0,0001
PC (Kcal/kg $PC^{0,75}/d$ )	151,0a	97,0b	90,0b	10,0	<0,0001

a, b, c - Médias na mesma linha seguidas por letras distintas diferem entre si no teste de Tukey ( $P < 0,05$ ); <sup>d</sup> EPM - Erro padrão das médias.

Os coeficientes obtidos por meio das regressões lineares entre o PCVZ e o PCJ e entre o GPCVZ e o GMD não diferiram entre as classes sexuais ( $P > 0,05$ ). Desta forma, foi utilizada uma única equação para todos os animais, independentemente da classe sexual, para estimar o PCVZ e o GPCVZ em função do PCJ e do GMD, respectivamente. O PCVZ foi estimado a partir do PCJ por meio da seguinte equação:  $PCVZ (kg) = 0,92 (\pm 0,04) * PCJ (kg)$  ( $r^2 = 0,94$ ;  $P < 0,0001$ ). A intercepta da equação não foi significativa ( $P > 0,05$ ). O GPCVZ foi estimado a partir

do GMD utilizando a seguinte equação:  $GPCVZ \text{ (kg/d)} = -0,018 (\pm 0,004) + 0,929 (\pm 0,037) * GMD \text{ (kg/d)}$  ( $r^2 = 0,94$ ;  $P < 0,0001$ ).

Não houve efeito de classe sexual sobre a intercepta e o coeficiente angular obtidos por meio da regressão exponencial entre a PC e o CEM ( $P > 0,05$ ), e conseqüentemente, o valor de exigência de ELM, que correspondeu a intercepta da equação, não diferiu entre as classes sexuais (Tabela 6). De qualquer forma, o valor de exigência de ELM para os machos inteiros foi 13% superior ao valor apresentado pelas fêmeas, sendo este, 25% superior ao valor estimado para os machos castrados. A exigência de ELM de cordeiros SPRD, independentemente da classe sexual, foi de 68 Kcal/kg de  $PCVZ^{0,75}/d$ . Os valores de exigência de EMm estimados pela relação entre a PC e o CEM apresentaram o mesmo comportamento do resultado obtido para a exigência de ELM, sendo, o maior e o menor valor apresentados pelos machos inteiros e machos castrados, respectivamente (Tabela 6). As fêmeas apresentaram valor intermediário de exigência de EMm (Tabela 6). A exigência de EMm de cordeiros SPRD, considerado todas as classes sexuais, foi de 99 Kcal/kg de  $PCVZ^{0,75}/d$ . Em relação ao Km, o valor apresentado pelos machos inteiros foi em média 8% superior ao valor de Km dos machos castrados e das fêmeas, que foram similares (Tabela 6). O valor geral médio de Km de cordeiros SPRD foi de 69%.

**Tabela 6** Média e erro padrão dos coeficientes da regressão exponencial entre a produção de calor (Kcal/kg de  $PCVZ^{0,75}/d$ ) e o consumo de energia metabolizável (Kcal/kg de  $PCVZ^{0,75}/d$ ), exigência de energia líquida de manutenção (ELM) (Kcal/kg de  $PCVZ^{0,75}/d$ ), exigência de energia metabolizável de manutenção (EMm) (Kcal/kg de  $PCVZ^{0,75}/d$ ) e eficiência de utilização de energia para manutenção (Km) de cordeiros de diferentes classes sexuais

Classe sexual	Intercepta	Coeficiente angular (x 1000)	$r^2$	ELm	EMm	Km %
Macho inteiro	79,4 ± 7,0	2,84 ± 0,6	0,62	79	108	74
Macho castrado	56,2 ± 6,0	4,63 ± 0,6	0,79	56	82	69
Fêmea	70,2 ± 5,7	3,78 ± 0,4	0,80	70	104	68
Geral	68,0 ± 3,7	3,78 ± 0,3	0,71	68	99	69

$r^2$  - Coeficiente de determinação.

Diferentemente do resultado obtido por meio da regressão não linear entre a PC e o CEM (Tabela 6), foi observado efeito ( $P < 0,05$ ) de classe sexual sobre a intercepta obtida pela regressão linear entre o logaritmo da PC e o CEM, sendo o valor da intercepta apresentado pelos machos inteiros superior ( $P < 0,05$ ) ao obtido

pelos machos castrados (Tabela 7). A intercepta das fêmeas apresentou valor intermediário, não diferindo das demais classes sexuais ( $P > 0,05$ ) (Tabela 7). Sendo assim, o valor de exigência de ELM, estimado a partir do anti-log da intercepta, foi maior para os machos inteiros em comparação aos machos castrados (Tabela 7). As fêmeas apresentaram valor intermediário de exigência de ELM (Tabela 7). A exigência de ELM considerando todas as classes sexuais foi de 66,7 Kcal/kg de  $PCVZ^{0,75}/d$ . Os valores de exigência de ELM obtidos pelo método não linear e pelo método linear foram semelhantes (Tabelas 6 e 7).

**Tabela 7** Média e erro padrão dos coeficientes da regressão linear entre o logaritmo da produção de calor (Kcal/kg de  $PCVZ^{0,75}/d$ ) e o consumo de energia metabolizável (Kcal/kg de  $PCVZ^{0,75}/d$ ) e exigência de energia líquida de manutenção (ELM) (Kcal/kg de  $PCVZ^{0,75}/d$ ) de cordeiros de diferentes classes sexuais

Classes sexuais	Intercepta	Coeficiente angular (x 1000)	$r^2$	ELM
Macho inteiro	1,895 ± 0,06a	1,25 ± 0,41	0,62	78,5
Macho castrado	1,737 ± 0,04b	2,06 ± 0,30	0,79	54,6
Fêmea	1,839 ± 0,05ab	1,66 ± 0,39	0,80	69,0
Geral	1,824 ± 0,02	1,66 ± 0,17	0,71	66,7

a, b - Médias na mesma coluna seguidas por letras distintas diferem entre si no teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).  $r^2$  - Coeficiente de determinação.

Houve diferença ( $P < 0,05$ ) entre as classes sexuais para o valor da intercepta obtido pela regressão linear entre a ER e o CEM (Tabela 8). A exigência de EMm foi estimada de forma alternativa, sendo o resultado da divisão da intercepta pelo coeficiente angular da regressão entre a ER e o CEM (Tabela 8).

**Tabela 8** Média e erro padrão dos coeficientes da regressão linear entre a energia retida (Kcal/kg de  $PCVZ^{0,75}/d$ ) e o consumo de energia metabolizável (Kcal/kg de  $PCVZ^{0,75}/d$ ), exigência de energia metabolizável de manutenção (EMm) (Kcal/kg de  $PCVZ^{0,75}/d$ ) e eficiência de utilização de energia para ganho (Kg) de cordeiros de diferentes classes sexuais

Classe sexual	Intercepta (x 1000)	Coeficiente angular	$r^2$	EMm	Kg %
Macho inteiro	-0,072a ± 0,01	0,66 ± 0,10	0,87	109	66
Macho castrado	-0,039b ± 0,01	0,48 ± 0,07	0,81	81	48
Fêmea	-0,055ab ± 0,01	0,51 ± 0,09	0,85	108	51
Geral	-0,055 ± 0,01	0,54 ± 0,04	0,82	102	54

a, b - Médias na mesma coluna seguidas por letras distintas diferem entre si no teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).  $r^2$  - Coeficiente de determinação.

Os valores de exigência de EMm obtidos pelo método alternativo foram semelhantes aos estimados por meio da relação entre a PC e o CEM (Tabela 6) e apresentaram o mesmo comportamento, sendo o maior valor obtido pelos machos inteiros e o menor pelos machos castrados (Tabela 8). O valor de Kg correspondeu ao coeficiente angular da regressão entre a ER e o CEM (Tabela 8). Não houve diferença ( $P>0,05$ ) para o Kg entre as classes sexuais (Tabela 8). O valor de Kg considerando todas as classes sexuais foi de 54%.

O valor da intercepta negativa da equação de regressão entre o nitrogênio retido e o consumo de nitrogênio diferiu ( $P<0,05$ ) entre as classes sexuais (Tabela 9). Este valor da intercepta tem sido utilizado para estimar as perdas endógenas de nitrogênio nas fezes e urina. Desta forma, observou-se que as perdas endógenas de nitrogênio dos machos inteiros (432 mg/kg de PCVZ<sup>0,75</sup>/d) e dos machos castrados (423 mg/kg de PCVZ<sup>0,75</sup>/d) foram superiores ( $P<0,05$ ) ao valor estimado para as fêmeas (165 mg/kg de PCVZ<sup>0,75</sup>/d). Multiplicando o valor das perdas endógenas por 6,25, obteve-se a exigência de proteína bruta líquida de manutenção (PBLm) (Tabela 9). As exigências de PBLm de machos inteiros e castrados foram semelhantes, com o valor médio de 2,65 g/kg de PCVZ<sup>0,75</sup>/d, sendo superior ao valor de exigência de PBLm das fêmeas (1,0 g/kg de PCVZ<sup>0,75</sup>/d).

**Tabela 9** Média e erro padrão dos coeficientes da regressão linear entre o nitrogênio retido (g/kg de PCVZ<sup>0,75</sup>/d) e o consumo de nitrogênio (g/kg de PCVZ<sup>0,75</sup>/d) e exigência de proteína bruta líquida de manutenção (PBLm) (g/kg de PCVZ<sup>0,75</sup>/d) de cordeiros de diferentes classes sexuais

Classe sexual	Intercepta	Coeficiente angular	r <sup>2</sup>	PBLm
Macho inteiro	-0,432a ± 0,09	0,20 ± 0,04	0,81	2,7
Macho castrado	-0,423a ± 0,06	0,17 ± 0,03	0,76	2,6
Fêmea	-0,165b ± 0,09	0,13 ± 0,04	0,79	1,0
Geral	-0,334 ± 0,04	0,17 ± 0,02	0,71	2,1

a, b - Médias na mesma coluna seguidas por letras distintas diferem entre si no teste de Tukey ( $P<0,05$ ). r<sup>2</sup> - Coeficiente de determinação.

Em relação aos valores da intercepta e do coeficiente angular obtidos por meio da regressão do logaritmo do conteúdo de gordura sobre o logaritmo do PCVZ (Tabela 10), apesar de ter sido observado diferença ( $P<0,05$ ) no valor da intercepta entre machos inteiros e castrados, não houve efeito de classe sexual sobre o coeficiente angular ( $P>0,05$ ), indicando que a variação de gordura sobre o PCVZ não diferiu significativamente entre as classes sexuais (Tabela 10). De qualquer

forma, para calcular o conteúdo corporal de gordura foi utilizada a equação específica para cada classe sexual. Considerando animais com 20 e 30 kg de PCJ, obtiveram-se, respectivamente, os seguintes valores de gordura para machos inteiros: 115 e 195 g/kg de PCVZ; machos castrados: 88 e 195 g/kg de PCVZ e fêmeas: 119 e 254g/kg de PCVZ.

**Tabela 10** Média e erro padrão dos coeficientes das equações de regressão do logaritmo do conteúdo de gordura (kg), proteína (kg) e energia (Mcal) sobre o logaritmo do peso de corpo vazio (kg) de ovinos de diferentes classes sexuais

Classe sexual	Intercepta	Coeficiente angular	r <sup>2</sup>
	Gordura		
Macho inteiro	-2,58b ± 0,33	2,30 ± 0,26	0,96
Macho castrado	-3,53a ± 0,29	2,96 ± 0,23	0,92
Fêmea	-3,30ab ± 0,31	2,88 ± 0,25	0,96
Geral	-3,19 ± 0,19	2,75 ± 0,15	0,92
	Proteína		
Macho inteiro	-0,65 ± 0,06	0,89 ± 0,04	0,99
Macho castrado	-0,67 ± 0,05	0,91 ± 0,04	0,97
Fêmea	-0,74 ± 0,05	0,95 ± 0,04	0,98
Geral	-0,69 ± 0,03	0,92 ± 0,02	0,98
	Energia		
Macho inteiro	-6,53 ± 1,0	3,69 ± 0,7	0,87
Macho castrado	-4,83 ± 0,8	2,52 ± 0,6	0,89
Fêmea	-5,48 ± 0,9	3,02 ± 0,7	0,63
Geral	-5,33 ± 0,5	2,88 ± 0,4	0,77

a, b - Médias na mesma coluna seguidas por letras distintas diferem entre si no teste de Tukey (P<0,05). r<sup>2</sup> - Coeficiente de determinação.

Os valores da intercepta e do coeficiente angular obtidos por meio da regressão entre o logaritmo do conteúdo de proteína e o logaritmo do PCVZ (Tabela 10) não diferiram entre as classes sexuais (P>0,05). De qualquer forma, utilizando as equações específicas para cada classe sexual, obtiveram-se valores inferiores para o conteúdo corporal de proteína nas fêmeas. Os valores médios para os machos inteiros e castrados, com 20 e 30 kg de PCJ, foram 163,5 e 157 g/kg de PCVZ, respectivamente, e para as fêmeas, considerando a mesma faixa de peso, os valores foram 157 e 154 g/kg de PCVZ. Utilizando a equação geral, foi observado que o conteúdo de proteína reduziu em com o aumento do PCJ de 20 para 30 kg (162 vs 157 g/kg de PCVZ, respectivamente).

Não foi observado efeito (P>0,05) de classe sexual sobre os valores da intercepta e do coeficiente angular obtidos pela regressão entre o logaritmo da ER sobre o logaritmo do PCVZ (Tabela 10). Desta forma, foi utilizada a equação geral

para calcular o conteúdo corporal de energia. O valor de energia variou de 1,117 a 2,394 Mcal/kg de PCVZ em cordeiros com 20 e 30 kg de PCJ, respectivamente.

Os valores da intercepta e do coeficiente angular obtidos por meio da regressão não linear entre a ER e o GPCVZ não diferiram ( $P > 0,05$ ) entre as classes sexuais (Tabela 11). Desta forma, a exigência de ELg de cordeiros SPRD foi estimada utilizando os valores da intercepta e do coeficiente angular obtidos pela regressão geral, independentemente da classe sexual, por meio da seguinte equação:  $ELg \text{ (Mcal/d)} = 0,29 * PCVZ^{0,75} * GPCVZ^{0,86}$ . As exigências de ELg de cordeiros SPRD com 20 kg de PCJ, considerando as taxas de GMD de 0,100 e 0,200 kg/d, foram 0,277 e 0,555 Mcal/d, respectivamente. A exigência de ELg elevou com o aumento do PCJ, sendo, 0,376 e 0,752 Mcal/d para cordeiros com 30 kg de PCJ e GMD de 0,100 e 0,200 kg/d, respectivamente.

**Tabela 11** Média e erro padrão dos coeficientes obtidos pela regressão não linear da energia retida (Mcal) sobre o ganho de peso de corpo vazio (kg) de ovinos de diferentes classes sexuais

Classe sexual	Intercepta	Coeficiente angular	$r^2$
Macho inteiro	0,43 ± 0,2	1,08 ± 0,2	0,90
Macho castrado	0,28 ± 0,0	0,85 ± 0,0	0,91
Fêmea	0,29 ± 0,1	0,85 ± 0,2	0,86
Geral	0,29 ± 0,1	0,86 ± 0,1	0,88

$r^2$  - Coeficiente de determinação.

A exigência de EMg foi estimada por meio da utilização do Kg obtido para cordeiros SPRD (54%) e da exigência de ELg. Os valores de exigência de EMg foram 0,696 e 1,393 Mcal/d para cordeiros com 30 kg de PCJ e GMD de 0,100 e 0,200 kg, respectivamente.

Em relação à exigência de PLg, não foi possível estabelecer equações de regressão múltipla da PR sobre o GPCVZ e sobre a ER para cada classe sexual, em função do reduzido número de repetições. Desta forma, foi possível obter apenas uma equação considerando todos os animais. A intercepta da equação não foi significativa ( $P > 0,05$ ). Sendo assim, a exigência de PLg para cordeiros SPRD foi estimada por meio da seguinte equação:  $PLg \text{ (g/dia)} = 224,45 (\pm 42,54) * GPCVZ - 0,025 (\pm 0,011) * ER$  ( $r^2 = 0,95$ ;  $P < 0,05$ ). Os valores de exigência de PLg de cordeiros SPRD com 20 kg de PCJ e com 0,100 e 0,200 kg de GMD, foram respectivamente, 9,9 e 23,8 g/d. Considerando os mesmos GMD, mas com PCJ de 30 kg, as exigências de PLg decresceram, sendo respectivamente, 7,4 e 18,9 g/d.

As exigências de ELg e PLg também foram estimadas derivando as equações de predição dos conteúdos de energia e proteína sobre o logaritmo do PCVZ. Como não houve diferença significativa entre as classes sexuais para os valores das interceptas e dos coeficientes angulares (Tabela 10), foram utilizadas as equações gerais para estimar as exigências de ganho. Os valores de exigência obtidos por este método, foram convertidos para GMD a partir da relação entre GPCVZ:GMD, que foi obtida para os animais alimentados à vontade (0,85) (Tabela 5). Em relação à exigência de ELg, os valores estimados foram 0,378 e 0,757 Mcal/d para cordeiros com 20 de PCJ e GMD de 0,100 e 0,200 kg, respectivamente. Com o aumento de PCJ, houve aumento dos valores de exigência de ELg, sendo 0,811 e 1,621 Mcal/d para animais com 30 de PCJ e GMD de 0,100 e 0,200 kg, respectivamente. Em relação à exigência de PLg, os valores estimados foram 17,5 e 35,0 g/d para cordeiros com 20 de PCJ e GMD de 0,100 e 0,200 kg, respectivamente. Com o aumento de PCJ, houve uma pequena redução dos valores de exigência de PLg, sendo 16,9 e 33,9 g/d para animais com 30 de PCJ e GMD de 0,100 e 0,200 kg, respectivamente.

## Discussão

Rodríguez et al. (2008) também não observaram influencia do sexo sobre o CMS e o consumo de energia bruta (CEB) em ovinos. Da mesma forma, Bull et al. (1970) não observaram diferenças no CEM e nos teores de ED e EM da dieta de ovinos machos e fêmeas. O sexo apresenta efeito geralmente limitado sobre o consumo alimentar, estando relacionado, principalmente, com as diferenças no peso corporal de maturidade fisiológica entre as classes sexuais (NRC, 1996).

Os menores valores das concentrações energéticas da dieta com o nível de alimentação à vontade, podem está relacionados com o aumento da taxa de passagem, e conseqüentemente, menor retenção do bolo alimentar, devido à maior pressão de fluxo causada pela ingestão de mais alimentos sobre os resíduos e matéria orgânica potencialmente digestível presentes no trato gastrointestinal, uma vez que, a digestibilidade dos alimentos é resultado da interação entre a taxa de passagem e a taxa de digestão (Dias et al., 2011; Van Soest, 1994).

A ausência de diferença significativa observada para o desempenho entre as classes sexuais corrobora os resultados apresentados por Ribeiro et al. (2003) e Rodríguez et al. (2008), que também não observaram efeito da classe sexual sobre o desempenho de cordeiros. Diferentemente do que foi apresentado no presente trabalho para as concentrações de nutrientes corporais, diferenças significativas entre sexos foram relatadas por Ferrell et al. (1979), que observaram em ovinos maiores concentrações de água e proteína e menores teores de gordura e energia no corpo de machos inteiros em relação as fêmeas.

A maior concentração de gordura e os menores teores corporais de água, proteína e minerais nos animais alimentados à vontade podem ser explicados em função do maior peso de abate alcançado pelos cordeiros desse tratamento, uma vez que, à medida que o peso corporal se aproxima da maturidade, ocorre aumento no teor de gordura e decréscimo nas concentrações de água, proteína e minerais no corpo animal (AFRC, 1993). O maior valor de ER nos animais do tratamento de alimentação à vontade está relacionado com a maior concentração de gordura no corpo destes, em comparação aos animais submetidos à restrição, pois, a gordura apresenta maior equivalente calórico (9,367 kcal/g) em comparação à proteína (5,686 kcal/g) (NRC, 1996).

A maior PC dos animais alimentados à vontade pode ser explicada, em parte, devido ao provável aumento do metabolismo, associado com a elevada deposição de energia, proporcionada pelo maior nível de alimentação (Turner e Taylor, 1983). Além disso, de acordo com Williams e Jenkins (2003), o CEM acima da manutenção está relacionado com a elevação das funções vitais dos animais, e conseqüentemente, com a maior PC. De acordo com Johnson et al. (1990), a energia consumida pelo o fígado e pelos órgãos do trato gastrointestinal pode ser responsável por 70% do incremento calórico do CEM acima da manutenção.

O NRC (2007) estima o GPCVZ como sendo 0,92 do GMD. Desta forma, considerando um GMD de 0,150 kg, o GPCVZ estimado por este comitê é de 0,138 kg. Este valor é 14% superior ao estimado utilizando a relação obtida neste trabalho (0,121 kg). Esta discrepância pode ser atribuída, em parte, as diferenças das relações volumoso:concentrado utilizadas no presente estudo e nas pesquisas que originaram o banco de dados do NRC (2007), assim como também, as diferenças de qualidade de fibra entre volumosos de clima temperado e de clima tropical, que podem refletir em diferenças na retenção do conteúdo do trato gastrintestinal, e conseqüentemente, na relação GPCVZ:GMD.

Para facilitar o entendimento da discussão sobre a exigência de ELM, foram discutidos apenas os resultados obtidos por meio do modelo não linear, uma vez que, as respostas biológicas são descritas de forma mais acurada com a utilização de modelos não lineares em comparação a modelos lineares. Além disso, com o aperfeiçoamento dos programas estatísticos, a utilização de modelos não lineares para prever as respostas animais tem se tornado mais prático em comparação aos modelos não lineares, principalmente, em virtude de não ser necessário realizar transformações dos números, como em modelos lineares logaritmizados.

Apesar de não ter sido observado diferença significativa entre as classes sexuais para a exigência de ELM, por meio do método não linear, o maior valor de exigência de ELM para os machos inteiros em comparação aos machos castrados e fêmeas está de acordo com o preconizado pelo CSIRO (2007) e NRC (2007), em que, a exigência de ELM de cordeiros machos inteiros é 15% superior ao valor das fêmeas e de machos castrados, sendo esta diferença relacionada com a composição corporal e a idade à maturidade entre as classes sexuais. As fêmeas são mais precoces em comparação aos machos inteiros, que por sua vez, apresentam maior conteúdo corporal protéico em relação aos machos castrados e

as fêmeas, e conseqüentemente, maior taxa de turnover protéico, que é responsável por grande parte do calor produzido pelos animais (ARC, 1980; Butterfield, 1988; Garret, 1980).

O valor de exigência de ELM de cordeiros SPRD, considerando todas as classes sexuais, foi aproximadamente 9% superior aos valores descritos pelo AFRC (1993) e pelo NRC (2007), porém, foi próximo do valor descrito pelo CSIRO (2007) (66 Kcal/kg de PCJ<sup>0,75</sup>/d). Comparando com outros estudos realizados no Brasil, o valor de exigência de ELM do presente trabalho foi superior ao descrito por Gonzaga Neto et al. (2005) para cordeiros machos inteiros da raça Morada Nova (52,49 Kcal/kg de PCVZ<sup>0,75</sup>/d). Por outro lado, foi inferior ao valor apresentado por Silva et al. (2003) para cordeiros Santa Inês castrados (73,50 Kcal/kg de PCJ<sup>0,75</sup>/d). Esta discrepância entre os estudos, pode ser parcialmente explicada, devido às diferenças na metodologia aplicada para estimar a exigência de ELM, como também, às diferenças de raças, nível de produção, nível nutricional, exercício e condições ambientais entre os experimentos (ARC, 1980; Galvani et al., 2008).

O maior valor de Km apresentado pelos machos inteiros pode ser atribuído, em parte, a maior ação da testosterona, que pode reduzir a taxa de degradação da proteína corporal, e conseqüentemente, o turnover protéico, sendo este, responsável por grande parte da produção de calor do animal e redução da eficiência energética (Garret, 1980; Morgan et al. 1993; Sinnott-Smith et al., 1983). O valor geral de Km de cordeiros SPRD foi 7,8% superior ao Km sugerido pelo CSIRO (1990) e pelo NRC (2007) (64%). A maior eficiência de manutenção dos cordeiros SPRD nativos de clima semiárido brasileiro, pode está relacionada com a sua adaptação às condições adversas de clima e manejo as quais são frequentemente submetidos, principalmente, em relação à restrição alimentar, causada pelas prolongadas estiagens que ocorrem na região.

O valor geral de Kg de cordeiros SPRD foi superior ao apresentado por Galvani et al. (2008) (47%) para cordeiros Texel x Ile de France. Este resultado pode ser atribuído às diferenças de maturidade corporal entre os genótipos. Os animais de clima tropical apresentam maturidade corporal mais precoce, desta forma, depositam mais gordura no ganho em comparação aos animais de clima temperado, que apresentam maior deposição de proteína no ganho (Early et al., 2001; Regadas Filho et al., 2011). Neste contexto, é assumido que a deposição de proteína é energeticamente menos eficiente em relação à deposição de gordura no ganho de

peso corporal (NRC, 2007; Rattray et al., 1974), o que pode explicar, o maior valor de Kg dos cordeiros SPRD em comparação aos Texel x Ile de France.

A maior exigência de PBLm para machos inteiros e castrados em relação às fêmeas pode ser, parcialmente explicada, devido às diferenças de maturidade corporal entre machos e fêmeas, uma vez que as fêmeas apresentam maturidade mais precoce, e conseqüentemente, menor deposição de proteína corporal, ocorrendo menores perdas endógenas de nitrogênio (NRC, 2007).

O AFRC (1993) estimou as perdas endógenas de nitrogênio em 350 mg/kg de PCJ<sup>0,75</sup>/d. A média estimada para os machos inteiros e castrados do presente trabalho (427,5 mg/kg de PCVZ<sup>0,75</sup>/d) foi aproximadamente 22% superior ao valor preconizado por este comitê. Da mesma forma, utilizando as equações propostas pelo NRC (2007) para estimar as perdas de PB metabólica nas fezes (PBMF): PBMF (g/d) = 15,2 \* CMS e as perdas endógenas de PB na urina (PBEU): PBEU (g/d) = 3,375 + (0,147 \* peso corporal), em um ovino com 30 kg de peso corporal e 1 kg de CMS, obtiveram-se perdas diárias de 23 g. O valor estimado de perdas metabólicas e endógenas de PB para os machos inteiros e castrados do presente trabalho, considerando um animal com 30 kg de PCJ (31,9 g/d), foi aproximadamente 39% superior. Por outro lado, quando comparados com a exigência de PBLm estimada para as fêmeas, os valores preconizados pelo AFRC (1993) e NRC (2007) superestimam as perdas endógenas de proteína para esta classe sexual.

As fêmeas apresentaram maior conteúdo corporal de gordura com a elevação do PCJ. Este resultado corrobora a afirmação do ARC (1980), de que as fêmeas atingem a maturidade corporal mais precocemente em comparação aos machos, e desta forma, apresentam maior conteúdo de gordura corporal. Independentemente da classe sexual, o conteúdo corporal de gordura de ovinos SPRD foi superior aos valores descritos por Oliveira et al. (2004) para cordeiros Texel x Santa Inês com 30 kg de PCJ (172 g/kg de PCVZ) e por Galvani et al. (2008) para cordeiros Texel x Ile de France com 30 kg de PCJ (113,6 g/kg de PCVZ). Esta discrepância pode está relacionada às diferenças de maturidade fisiológica entre as raças nativas de clima tropical e as de clima temperado, sendo observado que raças de clima tropical apresentam menor peso de maturidade fisiológica, ocasionando mais rápida deposição de gordura com o aumento de peso corporal em comparação as raças de clima temperado, que apresentam maturidade mais tardia (Early et al., 2001).

Carvalho et al. (2000) também não observaram efeito de classe sexual sobre os parâmetros da equação de regressão utilizada para estimar o conteúdo de proteína corporal de cordeiros Texel x Ideal. A menor deposição corporal de proteína nas fêmeas, juntamente com a sua maior deposição de gordura com o aumento do PCJ e com a menor concentração corporal de proteína nas fêmeas do grupo de abate referência (Tabela 4), permite inferir que as fêmeas atingiram a maturidade corporal mais rapidamente em comparação aos machos, justificando desta forma, a menor perda endógena de proteína nas fêmeas em comparação aos machos (Tabela 8), que apresentaram maior conteúdo corporal de proteína (NRC, 2007).

A redução do conteúdo de proteína corporal com o aumento do PCJ está de acordo com a literatura, pois, à medida que o animal se aproxima do peso corporal de maturidade fisiológica, ocorre redução na deposição de proteína no corpo e aumento na deposição de gordura (ARC, 1980). O conteúdo corporal de proteína estimado no presente trabalho para cordeiros com 30 kg de PCJ foi inferior ao determinado por Oliveira et al. (2004) para ovinos Texel x Santa Inês (203,38 g/kg de PCVZ) em confinamento. Como já mencionado anteriormente, esta diferença pode ser atribuída aos diferentes estágios de maturidade corporal entre os genótipos.

Além disso, a maior deposição corporal de gordura em detrimento da deposição de proteína observada nos ovinos SPRD, em comparação aos cordeiros de raças de clima temperado, pode ser um mecanismo de adaptação fisiológica de animais nativos de clima semiárido a períodos de reduzida disponibilidade de água, uma vez que, a água metabólica, oriunda do catabolismo dos nutrientes corporal, é uma fonte estratégica de água que pode ser utilizada pelos animais (Araújo et al., 2010). A oxidação de 1 g de gordura produz 1,07 g de água, sendo, 161% superior ao valor de água obtida com a oxidação de 1g de proteína (0,41 g) (Fjeld et al., 1988).

Para facilitar o entendimento da discussão dos resultados de exigências de ELg e PLg, foram utilizados apenas os valores obtidos pelos modelos propostos por Chizzotti et al. (2008) e Marcondes et al. (2010) para estimar as exigências de ELg e PLg, respectivamente. A estimativa da exigência de ELg proposta por Chizzotti et al. (2008) é calculada com a utilização de modelo que utiliza coeficientes obtidos por meio de regressão não linear. Com o aperfeiçoamento dos programas estatísticos, a utilização de regressão não linear para avaliar as respostas dos animais tem sido

preferida, pois, proporciona maior acurácia em descrever os processos biológicos (Silva et al., 2011). Em relação à exigência de PLg, além de relacionar a proteína retida com o GPCVZ, o modelo proposto por Marcondes et al. (2010) também permite avaliar o efeito da concentração de ER no ganho de peso sobre o valor de PR, uma vez que, a exigência de PLg reduz com o maior teor de energia no ganho de peso corporal (Chizzotti et al., 2008).

Da mesma forma que no presente trabalho, Rattray et al. (1973) também não encontraram diferenças na exigência de ELg entre ovinos machos castrados e fêmeas. Este resultado pode ser atribuído à ausência de diferença significativa na composição corporal entre as classes sexuais. O aumento da exigência de ELg observado com a elevação do PCJ e do GMD, pode ser explicado, devido a maior deposição de gordura em detrimento da deposição de proteína no ganho, à medida que o peso corporal e as taxas de ganho aumentam, uma vez que, a concentração de energia retida como gordura é maior em comparação a proteína (ARC, 1980; NRC, 1985).

O valor de exigência de ELg apresentado por Galvani et al. (2008) para cordeiros 11/16 Texel x 5/16 Ile de France (0,370 Mcal/d) foi inferior ao obtido no presente trabalho para cordeiros com 20 kg de PCJ e 0,200 kg de GMD. Esta discrepância pode ser atribuída às diferenças no estágio de maturidade entre os genótipos, em que, grupos genéticos nativos de regiões de clima quente apresentam menor peso corporal à maturidade, em comparação aos oriundos de regiões de clima temperado, e conseqüentemente, depositam mais gordura corporal durante o crescimento (Early et al., 2001).

As recomendações de exigência de ELg do NRC (2007) para cordeiros em crescimento com 8 meses de idade e de maturidade precoce, com 20 e 30 kg de PCJ e 0,200 kg de GMD (1,09 Mcal/d), foram superiores ao valor obtido no presente trabalho, considerando os mesmos PCJ e a mesma taxa de GMD. Os animais utilizados como base para a estimativa do NRC (2007) são de grupos genéticos de clima temperado, especializados na produção de carne, sendo assim, apresentam elevada deposição de proteína muscular durante a fase de crescimento, em comparação aos animais nativos de clima tropical (PIRES et al., 2000; Regadas Filho et al., 2011). Desta forma, provavelmente, com 20 e 30 kg de PCJ, animais de clima temperado apresentam maior taxa de síntese protéica em comparação aos animais de clima tropical, explicando o maior valor de exigência de ELg, uma vez

que, o custo energético para a síntese de proteína (8,14 Kcal de EM/Kcal de proteína depositada) é superior ao de gordura (1,10 Kcal de EM/Kcal de gordura depositada) (Ratray et al., 1974).

Os valores de exigência de EMg estimados no presente trabalho para cordeiros com 30 kg de PCJ e 0,100 e 0,200 kg de GMD foram inferiores aos apresentados por Silva et al. (2010) para cordeiros Santa Inês (0,826 e 1,655 Mcal/d), considerando o mesmo PCJ e as mesmas taxas GMD. Esta discrepância pode estar relacionada com as diferenças na estimativa do Kg entre os experimentos. Silva et al. (2010) estimou o valor de Kg através da equação proposta pelo ARC (1980):  $Kg = 0,78 * qm + 0,006$ , que considera o coeficiente de metabolizabilidade (qm) da dieta para prever o Kg. Contudo, no presente trabalho, o Kg correspondeu ao coeficiente angular da equação de regressão entre a ER e o CEM. Além disso, no estudo realizado por Silva et al. (2010), os animais foram criados a pasto, e desta forma, podem ter apresentado maior produção de calor, devido a atividade de pastejo e ao maior incremento calórico causado pelo elevado consumo de volumoso, o que pode ter reduzido a disponibilidade de energia para o ganho, e conseqüentemente, o valor de Kg, em comparação com o presente trabalho, no qual os animais foram confinados e receberam dieta com relação volumoso:concentrado de 40:60.

A redução na exigência de PLg com o aumento do PCJ está de acordo com o preconizado na literatura, pois, ocorre declínio na deposição de proteína quando o peso corporal do animal se aproxima do seu peso à maturidade (ARC, 1980). Os valores de exigência de PLg para cordeiros com 30 kg de PCJ e GMD de 0,100 e 0,200 kg foram inferiores aos valores descritos por Silva et al. (2007) para cordeiros F1 Ideal x Ile de France (10,3 e 20,6 g/d) e por Galvani et al. (2009) para cordeiros 11/16 Texel x 5/16 Ile de France (11,0 e 22,1 g/dia), considerando os mesmos PCJ e taxas de GMD, respectivamente. Os animais utilizados nos estudos citados acima são de grupos genéticos que alcançam a maturidade fisiológica com maior peso corporal, ou seja, apresentam maior deposição de proteína no ganho em comparação aos animais nativos de clima tropical e, desta forma, demandam maior valor de exigência de PLg.

## **Conclusão**

A exigência de ELM obtida pelo método não linear não difere entre as classes sexuais. Os cordeiros machos inteiros e castrados apresentam maior exigência de PBLm em comparação as fêmeas. A exigência de ELg não difere entre as classes sexuais. Estudos utilizando um maior número de animais são necessários para avaliar diferenças entre as classes sexuais em relação à exigência de PLg. Os cordeiros SPRD apresentam maior exigência de ELM e menor exigência de ELg em comparação aos valores preconizados pelo NRC (2007). Os cordeiros SPRD nativos do semiárido brasileiro apresentam menor exigência de PLg em comparação aos valores estimados em estudos com raças nativas de clima temperado.

## Referências

- AFRC, 1993. Energy and Protein Requirements of Ruminants. CAB International, Wallingford.
- ARC, 1980. The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. Commonwealth Agricultural Bureaux, Slough.
- AOAC, 1990. Official Methods of Analysis, fifteenth ed. Association of Official Analytical Chemist, Washington.
- Araújo, G.G.L., Voltolini, T.V., Chizzotti, M.L., Turco, S.H.N., Carvalho, F.F.R., 2010. Water and small ruminant production. R. Bras. Zootec. 39, 326-336.
- Bezerra, W.M.A.X., Souza, B.B., Souza, W.H., Cunha, M.G.G., Benicio, T.M.A., 2011. Comportamento fisiológico de diferentes grupos genéticos de ovinos criados no semiárido paraibano. Rev. Caatinga 24, 130-136.
- Bull, L.S., Reid, J.T., Johnson D.E., 1970. Energetics of sheep concerned with the utilization of acetic acid. J. nutr. 100, 262-276.
- Butterfield, R.M., 1988. New concepts of sheep growth. University of Sidney, Netley.
- Carvalho, S., Pires, C.C., Silva, J.H., 2000. Composição corporal e exigências líquidas de proteína para ganho de peso de cordeiros. R. Bras. Zootec. 29, 2325-2331.
- Casali, A.O., Detmann, E., Valadares Filho, S.C., Pereira, J.C., Henriques, L.T., Freitas, S.G., Paulino, M.F., 2008. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos in situ. R. Bras. Zootec. 37, 335-342.
- Chizzotti, M.L., Valadares Filho, S.C., Tedeschi, L.O., Chizzotti, F.H.M., Carstens, G.E., 2007. Energy and protein requirements for growth and maintenance of F1 Nellore x Red Angus bulls, steers, and heifers. J. Anim. Sci. 85, 1971-1981.
- Chizzotti, M.L., Valadares Filho, S.C., Tedeschi, L.O., 2008. A meta-analysis of energy and protein requirements for maintenance and growth of Nellore cattle. J. Anim. Sci. 86, 1588-1597.
- Cochran, R.C., Adans, D.C., Wallace, J.D., Galyean, M.L., 1986. Predicting digestibility of different diets with internal markers: evaluation of four potential markers. J. Anim. Sci. 63, 1476-1483.
- CSIRO, 1990. Feeding Standards for Australian Livestock: Ruminants. CSIRO Publishing, Melbourne.

- CSIRO, 2007. Nutrient Requirements of Domesticated Ruminants. CSIRO Publishing, Collingwood.
- Dias, R.S., Patino, H.O., López, S., Prates, E., Swanson, K.C., France, J., 2011. Relationships between chewing behavior, digestibility, and digesta passage kinetics in steers fed oat hay at restricted and ad libitum intakes. *J. Anim. Sci.* 89, 1873–1880.
- Early, R.J., Mahgoub, O., Lu, C.D., 2001. Energy and protein utilization for maintenance and growth in Omani ram lambs in hot climates. II. Composition of tissue growth and nitrogen metabolism. *J. Agric. Sci.* 136, 461-470.
- Ferreira, M.A., Silva, F.M., Bispo, S.V., Azevedo, M., 2009. Estratégias na suplementação de vacas leiteiras no semi-árido do Brasil. *R. Bras. Zootec.* 38, 322–329.
- Ferrell, C.L., Crouse, J.D., Field, R.A., Chant, J.L., 1979. Effect of sex, diet and stage of growth upon energy utilization by lambs. *J. Anim. Sci.* 49, 790-801.
- Ferrell, C.L., Jenkins, T.G., 1998. Body composition and energy utilization by steers of diverse genotypes fed a high-concentrate diet during the finishing period: Angus, Boran, Brahman, Hereford and Tuli Sires. *J. Anim. Sci.* 76, 647-657.
- Fjeld, C.R., Brown, K.H., Schoeller, D.A., 1988. Validation of the deuterium oxide method for measuring average daily milk intake in infants. *Am. J. Clin. Nutr.* 48, 671-679.
- Galvani, D.B., Pires, C.C., Kozloski, G.V., Wommer, T.P., 2008. Energy requirements of Texel crossbred lambs. *J. Anim. Sci.* 86, 3480-3490.
- Galvani, D.B., Pires, C.C., Kozloski, G.V., Sanchez, L.M.B., 2009. Protein requirements of Texel crossbred lambs. *Small Rum. Res.* 81, 55-62.
- Garrett, W.N., 1980. Factors influencing energetic efficiency of beef production. *J. Anim. Sci.* 51, 1434-1440.
- Gonzaga Neto, S., Silva Sobrinho, A.G., Resende, K.T., Zeola, N.M.B.L., Silva, A.M.A., Marques, C.A.T., Leão, A.G., 2005. Composição corporal e exigências nutricionais de proteína e energia para cordeiros Morada Nova. *R. Bras. Zootec.* 34, 2446–2456.
- Graham, N.M., 1968. The metabolic rate of Merino rams bred for high or low wool production. *Aust. J. Agric. Res.* 19, 821-824.
- Hall, M.B., 2000. Calculation of non-structural carbohydrate content of feeds that contain non-protein nitrogen. University of Florida, Gainesville.

- INRA, 1988. Alimentation des bovines, ovins et caprins. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris.
- INRA, 2007. Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoins animaux. Valeurs des aliments. Ed. Quae, Versailles.
- IBGE, 2010. Produção pecuária municipal. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro.
- Johnson, D.E., Johnson, K.A., Baldwin, R.L., 1990. Changes in liver and gastrointestinal tract energy demands in response to physiological workload in ruminants. *J. Nutr.* 120, 649-655.
- Kock, S.W., Preston, R.L., 1979. Estimation of bovine carcass composition by the urea dilution technique. *J. Anim. Sci.* 48, 319-327.
- Lofgreen, G.P., Garrett, W.N., 1968. A system for expressing net energy requirements and feed values for growing and finishing beef cattle. *J. Anim. Sci.* 27, 793-806.
- Marais, P.G., 1991. The efficiency of protein and fat deposition during growth in Dorper sheep. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 21, 103-107.
- Marcondes, M.I., Gionbelli, M.P., Valadares Filho, S.C., 2010. Exigências nutricionais de proteína para bovinos de corte, in: Valadares Filho, S.C., Marcondes, M.I., Chizzotti, M.L., Paulino, P.V.R. (Eds.), Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados (BR – CORTE), second ed. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, pp.113-133.
- Morgan, J.B.L., Wheeler, T.L., Koohmaraiet, M., Crouse, J.D., Savell, J.W., 1993. Effect of castration on myofibrillar protein turnover, endogenous proteinase activities, and muscle growth in bovine skeletal muscle. *J. Anim. Sci.* 71, 408-414.
- NRC, 1985. Nutrient Requirements of Sheep. National Academy Press, Washington.
- NRC, 1996. Nutrient Requirements of Beef Cattle. National Academy Press, Washington.
- NRC, 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. National Academy Press, Washington.
- NRC, 2007. Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, goats, cervids, and new world camelids. National Academy Press, Washington.
- Oliveira, A.N., Pérez, J.R.O., Carvalho, P.A., Paula, O.J., Baião, E.A.M., 2004. Composição corporal e exigências líquidas em energia e proteína para ganho de cordeiros de quatro grupos genéticos. *Ciênc. agrotec.* 28, 1169-1176.

- Pell, A.N., Schofield, P., 1993. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion in vitro. *J. Dairy Sci.* 76, 1063-1073.
- Pires, C.C., Silva, L.F., Sanchez, L.M.B., 2000. Composição corporal e exigências nutricionais de energia e proteína para cordeiros em crescimento. *R. Bras. Zootec.* 29, 853-860.
- Ratray, P.V., Garrett, W.N., Hinman, N., 1973. A system for expressing the net energy requirements and net energy content of feeds for young sheep. *J. Anim. Sci.* 36, 115-122.
- Ratray, P.V., Garrett, W.N., Hinman, N., East, N.E., 1974. Energy cost of protein and fat deposition in sheep. *J. Anim. Sci.* 38, 378-382.
- Regadas Filho, J.G.L., Pereira, E.S., Selaive-Villarroel, A.B., Pimentel, P.G., Medeiros, A.N., Fontenele, R.M., Maia, I.S.G., 2011. Composição corporal e exigências líquidas protéicas de ovinos Santa Inês em crescimento. *R. Bras. Zootec.* 40, 1339-1346.
- Ribeiro, E.L.A., Silva, L.D.F., Rocha, M., Mizubuti, I.Y., 2003. Desempenho de cordeiros inteiros ou submetidos a diferentes métodos de castração abatidos aos 30 kg de peso vivo. *R. Bras. Zootec.* 32, 745-752.
- Rodríguez, A., Bodas, R., Prieto, N., Landa, R., Mantecón, A., Giráldez, F., 2008. Effect of sex and feeding system on feed intake, growth, and meat and carcass characteristics of fattening Assaf lambs. *Livest. Sci.* 116, 118-125.
- Selaive-Villarroel, A.B., Sousa Júnior, F.A., 2005. Crescimento e características de carcaça de cordeiros mestiços Santa Inês e Somalis x SRD em regime semi-intensivo de criação. *Ciênc. agrotec.* 29, 948-952.
- Sniffen, C.J., O'Connor, J.D., Van Soest, P.J., Fox, D.G., Russell, J.B., 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.* 70, 3562-3577.
- SAS, 2003. User's guide: Version 9.1. Statistical Analysis System Institute Inc., Cary.
- Silva, A.M.A., Santos, E.M., Pereira Filho, J.M., Bakke, O.A., Gonzaga Neto, S., Costa, R.G., 2010. Body composition and nutritional requirements of protein and energy for body weight gain of lambs browsing in a tropical semiarid region. *R. Bras. Zootec.* 39, 210-216.
- Silva, A.M.A., Silva Sobrinho, A.G., Trindade, I.A.C.M., Resende, K.T., Bakke, O.A., 2003. Net requirements of protein and energy for maintenance of wool and hair lambs in a tropical region. *Small Rum. Res.* 49, 165-171.

- Silva, A.M.A., Silva Sobrinho, A.G., Trindade, I.A.C.M., Resende, K.T., Bakke, O.A., 2007. Net and metabolizable protein requirements for body weight gain in hair and wool lambs. *Small Rum. Res.* 67, 192–198.
- Silva, F.L., Alencar, M.M., Freitas, A.R., Packer, I.U., Mourão, G.B., 2011. Curvas de crescimento em vacas de corte de diferentes tipos biológicos. *Pesq. Agropec. Bras.* 46, 262-271.
- Sinnett-Smith, P.A., Dumelow, N.W., Buttery, P.J., 1983. Effects of trenbolone acetate and zeranol on protein metabolism in male castrate and female lambs. *Br. J. Nutr.* 50, 225-234.
- Tedeschi, L.O., Cannas, A., Fox, D.G., 2008. A nutrition mathematical model to account for dietary supply and requirements of energy and nutrients for domesticated small ruminants: The development and evaluation of the Small Ruminant Nutrition System. *R. Bras. Zootec.* 37, 178-190.
- Turner, H.G., Taylor C.S., 1983. Dynamic factors in models of energy utilization with particular reference to maintenance requirement of cattle. *World Rev. Nutr. Diet.* 42, 135-190.
- Van Soest, P.J., 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*, second ed. Cornell University Press, Ithaca.
- Véras, R.M.L., Valadares Filho, S.C., Valadares R.D., Rennó, L.N., Paulino, P.V.R., Souza, M.A., 2007. Balanço de compostos nitrogenados e estimativa das exigências de proteína de manutenção de bovinos Nelore de três condições sexuais. *R. Bras. Zootec.* 36, 1212-1217.
- Williams, C.B., Jenkins, T.G., 2003. A dynamic model of metabolizable energy utilization in growing and mature cattle. I. Metabolizable energy utilization for maintenance and support metabolism. *J. Anim. Sci.* 81,1371–1381.

## 6. CONCLUSÃO GERAL

A classe sexual não afeta o consumo, a digestibilidade, o comportamento alimentar, o desempenho e os rendimentos de carcaça e de CNC de cordeiros SPRD. O nível de alimentação influencia o comportamento alimentar, o aproveitamento de nutrientes e os rendimentos de carcaça e CNC. A exigência de ELM obtida pelo método não linear não difere entre as classes sexuais. Os machos inteiros e castrados apresentam maior exigência de PBLm em comparação as fêmeas. A exigência de ELg não difere entre as classes sexuais. Estudos utilizando um maior número de animais são necessários para avaliar diferenças entre as classes sexuais em relação à exigência de PLg. Os cordeiros SPRD apresentam maior exigência de ELM e menor exigência de ELg em comparação aos valores preconizados pelo NRC (2007). Os cordeiros SPRD nativos do semiárido brasileiro apresentam menor exigência de PLg em comparação aos valores estimados em estudos com raças nativas de clima temperado.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. **The nutrient requirement of ruminant livestock**. London: 1980. 351p.

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL - AFRC. **Energy and Protein requirements of ruminants**. London: 1993. 175 p.

ANDREWS, R.P.; ORSKOV, E.R. The nutrition of the early weaned lamb. II. The effect of dietary protein concentration, feeding level and sex on body composition at two live weights. **Journal of Agricultural Science**, v.75, n.1, p.19-26, 1970.

ANTUNES, R.C.; RODRIGUEZ, N.M.; SALIBA, E.O.S. Metabolismo de carboidratos não estruturais. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de Ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 2011. Cap. 8. p.239-263.

ARAÚJO FILHO, J.T.; COSTA, R.G.; FRAGA, A.B. et al. Efeito de dieta e genótipo sobre medidas morfométricas e não constituintes da carcaça de cordeiros deslançados terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.8, n.4, p.394-404, 2007.

BARROSO, D.D.; ARAÚJO, G.G.L.; SILVA, D.S. et al. Desempenho de ovinos terminados em confinamento com resíduo desidratado de vitivinícolas associado a diferentes fontes energéticas. **Ciência Rural**, v.36, n.5, p.1553-1557, 2006.

BERCHIELLI, T.T.; VAGA-GARCÍA, A.; OLIVEIRA, S.G. Principais técnicas de avaliação aplicadas em estudo de nutrição. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de Ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 2011. Cap. 14. p.425-438.

BERNARDI, J.R.A, ALVES, J.B., MARIN, C.M. Desempenho de Cordeiros sob Quatro Sistemas de Produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.4, p.1248-1255, 2005.

BLAXTER, K.L. The Nutritive Value of Feeds as Sources of Energy: A Review. **Journal of Dairy Science**, v.39, n.10, p.1396-1424, 1956.

BRODY, S. **Broenergetrcs and growih. With special reference to the efficiency complex in domestic animals.** New York: Reinhold Publishing Corporation. 1945. 1023p.

BULL, L.S.; REID, J.T.; JOHNSON D.E. Energetics of sheep concerned with the utilization of acetic acid. **Journal of Nutrition**, v.100, n.2, p.262-276, 1970.

BUTTERFIELD, R.M. **New concepts of sheep growth.** Netley: University of Sidney, 1988. 168p.

CABRAL, L.S.; NEVES, E.M.O.; ZERVOUDAKIS, J.T. et al. Estimativas dos requisitos nutricionais de ovinos em condições brasileiras. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.9, n.3, p.529-542, 2008.

CANNAS, A., TEDESCHI, L.O., FOX, D.G. et al. A mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological values for sheep. **Journal of Animal Science**, v.82, n.1, p.149-169, 2004.

CARVALHO, G.G.P.; PIRES, A.J.V.; SILVA, R.R. et al. Comportamento ingestivo de ovinos alimentados com dietas compostas de silagem de capim-elefante amonizada ou não e subprodutos agroindustriais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1805-1812, 2006.

CARVALHO, S.; PIRES, C.C.; PERES, J.R. et al. Desempenho de cordeiros machos inteiros, machos castrados e fêmeas, alimentados em confinamento. **Ciência Rural**, v.29, n.1, p.129-133, 1999.

CARVALHO, S.; PIRES, C.C.; SILVA, J.H. Composição corporal e exigências líquidas de proteína para ganho de peso de cordeiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29 n.6, p.2325-2331, 2000.

CARVALHO, S.; VERGUEIRO, A.; KIELING, R. et al. Avaliação da suplementação concentrada em pastagem de Tifton-85 sobre os componentes não carcaça de cordeiros. **Ciência Rural**, v.35, n.2, p.435-439, 2005.

CASTRO, J.M.C.; SILVA, D.S.; MEDEIROS, A.N. et al. Desempenho de cordeiros Santa Inês alimentados com dietas completas contendo feno de maniçoba. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.3, p.674-680, 2007.

CATTELAM, J.; SILVEIRA, M.F.; SACHET, R.H. et al. Órgãos internos e trato digestório de novilhos super precoces não castrados ou castrados, de dois grupos genéticos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, n.5, p.1167-1174, 2011.

COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION – CSIRO. **Feeding Standards for Australian Livestock. Ruminants**. Melbourne: 1990. 266p.

COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANISATION - CSIRO PUBLISHING. **Nutrient requirements of domesticated ruminants**. Collingwood: 2007. 270p.

DANTAS, A.F.; PEREIRA FILHO, J.M.; SILVA, A.M.A. et al. Características da carcaça de ovinos Santa Inês terminados em pastejo e submetidos a diferentes níveis de suplementação. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.4, p.1280-1286, 2008.

DESCHAMPS, F.C. Implicações do período de crescimento na composição química e digestão dos tecidos de cultivares de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.6, p.1358-1369, 1999.

DETMANN, E.; ZERVOUDAKIS, J.T.; CABRAL, L.S. et al. Validação de equações preditivas da fração indigestível da fibra em detergente neutro em gramíneas tropicais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1866-1875, 2004.

DIAS, R.S.; PATINO, H.O.; LOPEZ, S. et al. Relationships between chewing behavior, digestibility, and digesta passage kinetics in steers fed oat hay at restricted and ad libitum intakes. **Journal of Animal Science**, v.89, n.6, p.1873–1880, 2011.

EARLY, R.J.; MAHGOUB, O.; LU, C.D. Energy and protein utilization for maintenance and growth in Omani ram lambs in hot climates. II. Composition of tissue growth and nitrogen metabolism. **Journal of Agricultural Science**, v.136, n.4, p.461-470, 2001a.

EARLY, R.J.; MAHGOUB, O.; LU, C.D. Energy and protein utilization for maintenance and growth in Omani ram lambs in hot climates. I. Estimates of energy requirements and efficiency. **Journal of Agriculture Science**. v.136, n.4, p.451-459. 2001b.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Criação de caprinos e ovinos**. Brasília: 2007. 89 p.

FALDET, M.A.; SATTER, L.D.; BRODERICK, G.A. Determining optimal heat treatment of soybeans by measuring available lysine. **The Journal of Nutrition**, v.122, n.1, p.151-160, 1992.

FERNANDES, M.A.M.; MONTEIRO, A.L.G.; BARROS, C.S. et al. Desempenho de cordeiros puros e cruzados Suffolk e Santa Inês. **Revista da FZVA**, v.14, n.2, p. 207-216, 2007.

FERREIRA, A.C.H.; NEIVA, J.N.M.; RODRIGUEZ, N.M. et al. Desempenho produtivo de ovinos alimentados com silagens de capim elefante contendo subprodutos do processamento de frutas. **Revista Ciência Agronômica**, v.40, n.2, p.315-322, 2009.

FERREIRA, M.A.; SILVA, F.M.; BISPO, S.V. et al. Estratégias na suplementação de vacas leiteiras no semi-árido do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.322-329, 2009.

FERRELL, C.L.; CROUSE, J.D.; FIELD, R.A. et al. Effects of sex, diet and stage of growth upon energy utilization. **Journal of Animal Science**, v.49, n.3, p.790-801, 1979.

FISHER, D.S. A review of a few key factors regulating voluntary feed intake in ruminants. **Crop Science**, v.42, n.5, p.1651-1655, 2002.

FORBES, J.M. Integration of regulatory signals controlling forage intake in ruminants. **Journal of Animal Science**, v.74, n.12, p.3029-3035, 1996.

FORBES, J.M. **Voluntary food intake and diet selection in farm animals**. 2. ed. Wallingford: CAB, 2007. 432p.

FREETLY, H.C., NIENABER, J.A., LEYMASTER, K.A. et al. Relationships among heat production, body weight, and age in Suffolk and Texel ewes. **Journal de Animal Science**, v.73, n.4, p.1030-1037, 1995.

FURLAN, R.L.; MACARI, M.; FARIA FILHO, D.E. Anatomia e fisiologia do trato gastrointestinal. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de Ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 2011. Cap. 1. p.1-27.

FURUSHO-GARCIA, I.R.; PEREZ, J.R.O.; BONAGURIO, S. et al. Estudo dos cortes da carcaça de cordeiros Santa Inês puros e cruzas Santa Inês com Texel, Ile de France e Bergamácia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.2, p.453-462, 2004.

GALVANI, D.B.; PIRES, C.C.; KOZLOSKI, G.V. et al. Energy requirements of Texel crossbred lambs. **Journal of Animal Science**, v.86, n.12, p.3480-3490, 2008.

GALVANI, D.B.; PIRES, C.C.; KOZLOSKI, G.V. et al. Protein requirements of Texel crossbred lambs. **Small Ruminant Research**, v.81, n.1, p.55-62, 2009.

GALVANI, D.B.; PIRES, C.C.; WOMMER, T.P. et al. Chewing patterns and digestion in sheep submitted to feed restriction. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.94, n.6, p.366-373, 2010.

GARRETT, W.N. Factors influencing energetic efficiency of beef production. **Journal of Animal science**, v.51, n.6, p.1434-1440, 1980.

GONZAGA NETO, S.; SILVA SOBRINHO, A.G.; RESENDE, K.T. et al. Composição corporal e exigências nutricionais de proteína e energia para cordeiros Morada Nova. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2446-2456, 2005.

GONZAGA NETO, S.; SILVA SOBRINHO, A.G.; ZEOLA, N.B.L. et al. Características quantitativas da carcaça de cordeiros deslanados Morada Nova em função da relação volumoso:concentrado na dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1487-1495, 2006.

HOOVER, W.H. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. **Journal of Dairy Science**, v.69, n.10, p.2755-2766, 1986.

ILLIUS, A.W.; JESSOP, N.S. Metabolic constraints on voluntary intake in ruminants. **Journal of Animal Science**, v.74, n.12, p.3052-3062, 1996.

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE – INRA. **Alimentation des bovins ovins et caprins**. Paris: 1988. 471p.

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE - INRA. **Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoins animaux. Valeurs des aliments. Tables INRA 2007**. Versailles: 2007. 310p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Produção pecuária municipal 2010**. Rio de Janeiro: 2010. 65p.

JENKINS, T.G.; FORD, J.J.; KLINDT, J. Postweaning growth, feed efficiency and chemical composition of sheep as affected by prenatal and postnatal testosterone. **Journal of Animal Science**, v.66, n.5, p.1179-1185, 1988.

JUNG, H.G. Forages lignins and their effects on fiber digestibility. **Agronomy Journal**, v.81, n.1, p.33-38, 1989.

KEMP, J.D.; CROUSE, J.D.; DEWEESE, W. et al. Effect of slaughter weight and castration on carcass characteristics of lambs. **Journal of Animal Science**, v.30, n.3, p.348-354, 1970.

KEMP, J. D.; JOHNSON, A. E.; STEWART, D. F. et al. Effect of dietary protein, slaughter weight and sex on carcass composition, organoleptic properties and cooking losses of lamb. **Journal of Animal Science**, v.42, n.3, p.575-583, 1976.

KETELAARS, J.J.M.H.; TOLKAMP, B.J. Oxygen efficiency and the control of energy flow in animals and humans. **Journal of Animal Science**, v.74, n.12, p.3036-3051, 1996.

KLEIBER, M. **The Fire of Life: An Introduction to Animal Energetics**. 2. ed. New York: Robert E. Krieger Publishing Company, 1975. 453p.

KOZLOSKI, G.V. **Bioquímica dos ruminantes**. 2. ed. Santa Maria: UFMS, 2009. 216p.

LANA, R.P. **Nutrição e alimentação animal** (mitos e realidades). Viçosa: UFV, 2005. 344p.

LOBLEY, G. E.; CONNELL, A.; BUCHAN, V. Administration of testosterone to wether lambs: effects on protein and energy metabolism and growth hormone status. **Journal of Endocrinology**. v.115, n.1, p.115-439, 1987.

LOBLEY, G.E.; CONNELL, A.; MILNE, E. Muscle protein synthesis in response to testosterone administration in wether lambs. **British Journal of Nutrition**, v.64, n.3, p.691-704, 1990.

LOFGREEN, G.P.; GARRETT, W.N. A system for expressing net energy requirements and feed values for growing and finishing beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.27, n.3, p.793-806, 1968.

MARAIS, P.G. The efficiency of protein and fat deposition during growth in Dorper sheep. **South African Journal of Animal Science**, v.21, n.2, p.103-107, 1991.

MARCONDES, M.I.; GIONBELLI, M.P.; VALADARES FILHO, S.C. Exigências nutricionais de proteína para bovinos de corte. In: VALADARES FILHO, S.C.; MARCONDES, M.I.; CHIZZOTTI, M.L. et al. **Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados (BR – CORTE)**. 2. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2010. Cap. 6. p.113-133.

MATTOS, C.W.; CARVALHO, F.F.R.; DUTRA JR., W.M. et al. Características de carcaça e dos componentes não-carcaça de cabritos Moxotó e Canindé submetidos a dois níveis de alimentação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.2125-2134, 2006.

MERTENS, D.R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. **Journal of Animal Science**, v.64, n.5, p.1548-1558, 1987.

MERTENS, D.R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.80, n.7, p.1467-148, 1997.

MINSON, J.D. Intake of forage by housed ruminants. In: MINSON, J.D. **Forage in ruminant nutrition**. California: Academic Press. 1990. p.9-58.

MORENO, G.M.B.; SILVA SOBRINHO, A.G.; LEÃO, A.G. et al. Rendimento dos componentes não-carcaça de cordeiros alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar e dois níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.12, p.2878-2885, 2011.

MURPHY, T.A.; LOERCH, S.C.; McCLURE, K.E. et al. Effects of restricted feeding on growth performance and carcass composition of lambs. **Journal of Animal Science**, v.72, n.12, p.3131-3137, 1994.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Effect of environment on nutrient requirements of domestic animals**. Washington: 1981. 168p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of beef cattle.** Washington: 1996. 248p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of domestic animals: nutrient requirements of sheep.** Washington: 1985. 99p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of small ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids.** Washington: 2007. 362p.

NEIVA, J.N.M.; TEIXEIRA, M.; TURCO, S.H.N. et al. Efeito climático sobre parâmetros produtivos e fisiológicos de ovinos Santa Inês mantidos em confinamento na região litorânea do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.3, p.668-678, 2004.

NUNES, A.P.; OSÓRIO, J.C.; CARDELLINO, R.A. et al. Fatores ambientais que afetam o desempenho de cordeiros Ile de France, do desmame aos 60 dias pós-desmame. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.2, n.2, p.93-98, 1996.

NUSSIO, L.G.; CAMPOS, F.P.; LIMA, M.L.M. Metabolismo de carboidratos estruturais. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de Ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 2011. Cap. 7. p.193-238.

OLIVEIRA, A.N.; PÉREZ, J.R.O.; CARVALHO, P.A. et al. Composição corporal e exigências líquidas em energia e proteína para ganho de cordeiros de quatro grupos genéticos. **Ciência e Agrotecnologia**, v.28, n.5, p.1169-1176, 2004.

OLIVEIRA, P.T.L.; TURCO, S.H.N.; VOLTOLINI, T.V. et al. Respostas fisiológicas e desempenho produtivo de ovinos em pasto suplementados com diferentes fontes protéicas. **Revista Ceres**, v.58, n.2, p.185-192, 2011.

OSÓRIO, J.C.; OLIVEIRA, N.M.; NUNES, A.P. Produção de carne em ovinos de cinco genótipos. Perdas e morfologia. **Ciência Rural**, v.26, n.3, p.477-481, 1996.

OSÓRIO, J.C.S.; SIEWERDT, F.; OSÓRIO, M.T.M. et al. Desenvolvimento alométrico das regiões corporais em ovinos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.24, n.2, p.326-333, 1995.

PAULINO, P.V.R. **Desempenho, composição corporal e exigências nutricionais de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais**. 2006. 167p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2006.

PEREIRA, E.S.; PIMENTEL, P.G.; FONTENELE, R.M. et al. Características e rendimentos de carcaça e de cortes em ovinos Santa Inês, alimentados com diferentes concentrações de energia metabolizável. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.32, n.4, p.431-437, 2010.

PEREIRA FILHO, J.M.; RESENDE, K.T.; TEIXEIRA, I.A.M.A. et al. Efeito da restrição alimentar no desempenho produtivo e econômico de cabritos F1 Boer X Saanen. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.1, p.188-196, 2005.

PEREIRA FILHO, J.M.; RESENDE, K.T.; TEIXEIRA, I.A.M.A. et al. Efeito da restrição alimentar sobre algumas características de carcaça de cabritos F1 Boer X Saanen. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, n.2, p.499-505, 2007.

PILAR, R.C.; PÉREZ, J.R.O.; MUNIZ, J.A. et al. Alometria dos cortes da carcaça, em cordeiros merino australiano e cruza ile de france x merino australiano. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.14, n.4, p.91-101, 2008.

PILAR, R.C.; PÉREZ, J.R.O.; NUNES, F.M. Rendimento e características quantitativas de carcaça em cordeiros Merino Australiano e cruza Ile de France x Merino Australiano. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.11, n.3, p.351-359, 2005.

PINA, D.S.; VALADARES, R.F.D.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Degradação ruminal da proteína dos alimentos e síntese de proteína microbiana. In: VALADARES FILHO, S.C.; MARCONDES, M.I.; CHIZZOTTI, M.L. et al. **Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados (BR – CORTE)**. 2. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2010. Cap. 2. p.13-45.

PINHEIRO, R.S.B; SILVA SOBRINHO, A.G.; GONZAGA NETO, S. et al. Rendimento dos não componentes da carcaça de cordeiros de diferentes genótipos. **Archivos de Zootecnia**, v.57, n.217, p.71-74, 2008.

PIRES, C.C.; SILVA, L.F.; SANCHEZ, L.M.B. Composição Corporal e exigências nutricionais de energia e proteína para cordeiros em crescimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3, p.853-860, 2000.

REGADAS FILHO, J.G.L. **Exigências energéticas e protéicas de ovinos Santa Inês em crescimento**. 2009. 80 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós Graduação em Zootecnia – PPGZ, Universidade Federal do Ceará, 2009.

REGADAS FILHO, J.G.L.; PEREIRA, E.S.; SELAIVE-VILLARROEL, A.B. et al. Composição corporal e exigências líquidas protéicas de ovinos Santa Inês em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.6, p.1339-1346, 2011.

RESENDE, K. T. **Métodos de estimativa da composição corporal e exigências nutricionais de proteína, energia e macroelementos inorgânicos de caprinos em crescimento**. 1989. 128 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1989.

RESENDE, K.T.; FERNANDES, M.H.M.; TEIXEIRA, I.A.M.A. et al. Exigências nutricionais de caprinos e ovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBZ, 2005. p.114-135.

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

RIBEIRO, E.L.A.; SILVA, L.D.F.; ROCHA, M. et al. Desempenho de cordeiros inteiros ou submetidos a diferentes métodos de castração abatidos aos 30 kg de peso vivo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.3, p.745-752, 2003.

RIBEIRO, V.L.; BATISTA, A.M.V.; CARVALHO, F.F.R. et al. Comportamento ingestivo de caprinos Moxotó e Canindé submetidos à alimentação à vontade e restrita. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.28, n.3, p.331-337, 2006.

RODRIGUES, M.T.; VIEIRA, R.A.M. Metodologias aplicadas ao fracionamento de alimentos. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de Ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 2011. Cap. 2. p.29-59.

RODRÍGUEZ, A.B.; BODAS, R.; PRIETO, N. et al. Effect of sex and feeding system on feed intake, growth, and meat and carcass characteristics of fattening Assaf lambs. **Livestock Science**, v.116, n.1-3, p.118-125, 2008.

ROSA, G.T.; PIRES, C.C.; SILVA, J.H.S. et al. Proporções e coeficientes de crescimento dos não-componentes da carcaça de cordeiros e cordeiras em

diferentes métodos de alimentação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.6, p.2290-2298, 2002.

SANTOS, C.L.; PÉREZ, J.R.O.; GERASEEV, L.C. et al. Estudo do crescimento alométrico dos cortes de carcaça de cordeiros das raças Santa Inês e Bergamácia. **Ciência e Agrotecnologia**, v.25, n.1, p.149-158, 2001.

SANTOS, Y.C.C.; PÉREZ, J.R.O.; GERASEEV, L.C. et al. Exigência de energia líquida para manutenção de cordeiros bergamácia dos 35 aos 45 kg de peso vivo. **Ciência e Agrotecnologia**, v.26, n.1, p.182-187, 2002.

SCHANBACHER, B.D.; CROUSE, D.J.; FERREL, L.C. Testosterone influences on growth, performance and carcass characteristics and composition of market young lambs. **Journal of Animal Science**, v.51, n.3, p.685-691, 1980.

SILANIKOVE, N. Effects of water scarcity and hot environment on appetite and digestion in ruminants: a review. **Livestock Production Science**, v.30, n.3, p.175-194, 1992.

SELAIVE-VILLARROEL, A.B.; LIMA, L.E.S.; OLIVEIRA, S.M.P. et al. Ganho de peso e rendimento de carcaça de cordeiros mestiços Texel e Santa Inês x SRD em sistema de manejo semi intensivo. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.5, p.971-976, 2006.

SELAIVE-VILLARROEL, A.B.; SOUSA JÚNIOR, F.A. Crescimento e características de carcaça de cordeiros mestiços Santa Inês e Somalis x SRD em regime semi-intensivo de criação. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v.29, n.5, p.948-952, 2005.

SILVA, A.M.A.; SANTOS, E.M.S.; PEREIRA FILHO, J.M.P. et al. Body composition and nutritional requirements of protein and energy for body weight gain of lambs browsing in a tropical semiarid region. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.1, p.210-216, 2010.

SILVA, A.M.A.; SILVA SOBRINHO, A.G.; TRINDADE, I.A.C.M. et al. 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, A.M.A.; SILVA SOBRINHO, A.G.; TRINDADE, I.A.C.M. et al. Net and metabolizable protein requirements for body weight gain in hair and wool lambs. **Small Ruminant Research**, v.67, n.2-3, p.192-198, 2007.

SILVA, J.F.C. Mecanismos reguladores de consumo. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de Ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 2011. Cap.3. p.61-82.

SIQUEIRA, E.R.; SIMÕES, C.D.; FERNANDES, S. Efeito do sexo e do peso ao abate sobre a produção de carne de cordeiro 1. Velocidade de crescimento, caracteres quantitativos da carcaça, pH da carne e resultado econômico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p.844-848, 2001a.

SIQUEIRA, E.R.; SIMÕES, C.D.; FERNANDES, S. Efeito do sexo e do peso ao abate sobre a produção de carne de cordeiro. Morfometria da carcaça, pesos dos cortes, composição tecidual e componentes não constituintes da carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.4, p.1299-1307, 2001b.

VALADARES FILHO, S.C.; PINA, D.S. Fermentação ruminal. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de Ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 2011. Cap.6. p.161-191.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. Cornell: O&B Books, 1982. 374p.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2 ed., Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.

WALDO, D.R.; SMITH, L.W.; COX, E.L. Model of cellulose disappearance from the rumen. **Journal of Dairy Science**, v.55, n.1, p.125-129, 1972.

WILLIAMS, C.B.; JENKINS, T.G. A dynamic model of metabolizable energy utilization in growing and mature cattle. I. Metabolizable energy utilization for maintenance and support metabolism. **Journal of Animal science**, v.81, n.6, p.1371-1381, 2003.

XENOFONTE, A.R.B.; CARVALHO, F.F.R.; BATISTA, Â.M.V. et al. Desempenho e digestibilidade de nutrientes em ovinos alimentados com rações contendo farelo de babaçu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.11, p.2063-2068, 2008.

YAMAMOTO, S.M.; MACEDO, F.A.F.; MEXIA, A.A. et al. Rendimentos dos cortes e não componentes das carcaças de cordeiros terminados com dietas contendo diferentes fontes de óleo vegetal. **Ciência Rural**, v.34, n.6, p.1909-1913, 2004.

YÁÑEZ, E.A.; RESENDE, K.T.; FERREIRA, A.C.D. et al. Restrição alimentar em caprinos: rendimento, cortes comerciais e composição da carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.5, p.2093-2100, 2006