



FABRÍCIO LEONARDO ALVES RIBEIRO

**COMPOSIÇÃO CORPORAL E METODOLOGIAS PARA A
DETERMINAÇÃO DE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS EM
CORDEIROS**

**LAVRAS - MG
2014**

FABRÍCIO LEONARDO ALVES RIBEIRO

**COMPOSIÇÃO CORPORAL E METODOLOGIAS PARA A
DETERMINAÇÃO DE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS EM
CORDEIROS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Ruminantes, para obtenção do título de Doutor.

Orientador
Prof. Dr. Juan Ramon Olalquiaga Pérez

**LAVRAS - MG
2014**

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e
Serviços da Biblioteca Universitária da UFLA**

Ribeiro, Fabrício Leonardo Alves.

Composição corporal e metodologias para a determinação de exigências nutricionais em cordeiros / Fabrício Leonardo Alves Ribeiro. – Lavras : UFLA, 2014.

64 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2014.

Orientador: Juan Ramon Olalquiaga Pérez.

Bibliografia.

1. Produção animal. 2. Ovino - nutrição. 3. Ovino - criação. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 636.30852

FABRÍCIO LEONARDO ALVES RIBEIRO

**COMPOSIÇÃO CORPORAL E METODOLOGIAS PARA A
DETERMINAÇÃO DE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS EM
CORDEIROS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Ruminantes, para obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 28 de abril de 2014

Profa. Dra. Iraídes Ferreira Furusho-Garcia	UFLA
Prof. Dr. José Cleto da Silva Filho	UFLA
Profa. Dra. Luciana Castro Geraseev	UFMG
Profa. Dra. Patrícia Maria de França	UNIFENAS

Prof. Dr. Juan Ramon Olalquiaga Pérez
UFLA
(Orientador)

**LAVRAS -MG
2014**

**Aos meus queridos pais,
Dedico.**

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, em especial ao Departamento de Zootecnia e ao Grupo de Apoio à Ovinocultura.

Ao Prof. Juan Pérez, pela orientação, pelos ensinamentos, pela confiança e amizade.

À Profa. Iraídes Ferreira Furusho-Garcia pelo grande auxílio durante toda a pós-graduação, incluindo o mestrado.

À Profa. Luciana Castro Geraseev, que sempre esteve presente, durante toda minha formação, pelo auxílio, por sempre ter acreditado em mim desde os primeiros tempos.

Ao Prof. Mário Luiz Chizzotti, por ter contribuído para que esse experimento acontecesse e por ter sido peça fundamental durante o curso de doutorado. À Profa. Patrícia Maria de França e ao Prof. José Cleto da Silva Filho por participarem da banca de defesa.

À Viviane Reis que é sempre tão incrível comigo.

Ao Prof. Thiago Bernardes, ao Prof. Daniel R. Casagrande e Profa. Sarita Bonagúrio.

Aos queridos estagiários Daniel da Cunha e Ítalo Ferreira por terem dedicado parte do seu tempo e força de trabalho para me ajudar, por terem aturado meu humor e temperamento difícil e por serem excelentes companhias durante o trabalho de campo. Aos colegas de pós-graduação, pelo excelente convívio e eventuais ajudas. Aos funcionários do DZO: Borginho, Zé Virgílio, Márcio, Carlos, Eliana, Keila.

Por fim e não menos importante a todos os meus amigos que participaram indiretamente desse processo, àqueles que me abrigaram, que me ouviram e que desde 2008 eu venho guardando em meu coração. A todos aqueles que estiveram presentes durante esta caminhada.

Muito Obrigado!

RESUMO

As exigências nutricionais e a composição corporal são determinadas comunmente por meio do abate comparativo. O objetivo deste trabalho foi comparar a metodologia clássica de abate comparativo com a de consumo de oxigênio associado aos batimentos cardíacos para a predição das exigências de manutenção de cordeiros. No experimento foram utilizados 27 cordeiros Santa Inês (± 30 kg de PV), arrançados em delineamento experimental inteiramente casualizado, distribuídos em 4 grupos: grupo referência, abatido no início do experimento, grupo de alimentação *ad libitum*, grupo de restrição alimentar de 30% e grupo de restrição alimentar de 50%. Os animais entravam em quartetos no experimento e a oferta de alimentos para os animais restritos era feita com base no consumo do animal *ad libitum* de cada quarteto. Com exceção do grupo referência os demais animais foram abatidos assim que o cordeiro *ad libitum* de cada quarteto atingiu 47kg. Avaliou-se: composição corporal, exigências nutricionais de ganho e manutenção, eficiência de utilização da EM para ganho e manutenção, batimentos cardíacos, consumo diário de O₂. As exigências líquidas de proteína para o ganho diminuíram com o avanço no peso vivo e as de energia aumentaram. A eficiência de utilização da energia para o ganho foi de 32,78%. Para as exigências de manutenção os valores estimados foram: 65,01 kcal/PV^{0,75}/dia (ELm) e 105,8 kcal/PV^{0,75}/dia (EMm). A eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção foi de 61,41% (km). Foram observadas diferenças entre o total de batimentos cardíacos em função da restrição alimentar, entretanto, não foram observadas diferenças entre o consumo de O₂ e o valor de O₂ consumido por batimento (O₂P). A exigência de manutenção calculada por esse método foi sensivelmente superior àquela estimada pelo abate comparativo e discorda dos dados revisados na literatura, esse comportamento pode ser atribuído ao estresse dos animais no momento da coleta dos dados de batimentos cardíacos e consumo de oxigênio.

Palavras chave: Ovinos. Nutrição. Crescimento.

ABSTRACT

Nutritional requirements and body composition are usually determined by comparative slaughter. The aim of this study was to compare the classical method (comparative slaughter) with the oxygen consumption associated with heartbeats to predict the maintenance requirements of lambs. Twenty-seven lambs (± 30 kg of BW) were arranged in a completely randomized design and distributed in 4 groups: reference group (slaughtered at the beginning of the assay), *ad libitum*, 30% and 50% of feed restriction. The animals came into quartets in the trial. The food supply for the restricted animals was made based on the dry matter consumption of the *ad libitum* lamb of each quartet. Were evaluated: body composition, gain and maintenance nutritional requirements, energy efficiency for maintenance and gain, heart rate, daily O₂ consumption . The net protein and energy requirements was lower and higher respectively with the advance in body weight. Efficiency of energy utilization for gain was 32.78%. Net and metabolizable energy requirements for maintenance were 65,01 kcal/BW^{0.75}/day (NEm) and 105,8 kcal/BW^{0.75}/day (MEm), respectively. The efficiency of energy use for maintenance (km) was 61.41%. Feed restriction affected total heartbeat number but no differences were observed in the O₂ consumption and O₂ consumed per beat (O₂P). Net energy requirement for maintenance calculated by O₂ consumption method was higher than estimated by comparative slaughter and disagrees with the data reviewed in the literature, this behavior can be attributed to the stress of the animals at the time of the heartbeat and oxygen consumption evaluation.

Key words: Sheep. Nutrition. Growth.

LISTA DE ABREVIATURAS

- CEM – Consumo de energia metabolizável
- DG – Digestibilidade da energia
- EBf – Energia bruta fecal
- EBi – Energia bruta consumida
- EBu – Energia bruta urinária
- Elm – Energia líquida de manutenção
- EM – Energia metabolizável
- EMm – Energia metabolizável de manutenção
- EPGD – Energia dos produtos gasosos da digestão
- kcal – Quilocaloria
- km – Coeficiente de utilização da energia metabolizável para manutenção
- O₂ – Oxigênio
- O₂P – Oxigênio consumido por pulso cardíaco
- PC – Produção de calor
- PGD – Proporção da EPGD em kcal com relação a energia bruta consumida
- PM – Peso metabólico
- PV – Peso vivo
- PV^{0,75} – Peso vivo metabólico

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 Caixa de policarbonato construída para aferir o consumo de O₂ de cordeiros em crescimento.27
- Figura 2 Equação de regressão entre o peso de abate e o volume dos cordeiros.28
- Figura 3 Equação de regressão entre o log da produção de calor e consumo de energia metabolizável.....51
- Figura 4 Equação de regressão entre o consumo de energia metabolizável (kcal/PV^{0,75}/dia) disponível para o ganho e a retenção de energia (kcal/dia).52
- Figura 5 Equação de regressão entre o consumo de EM (kcal/dia/PV^{0,75}) e a produção de calor (kcal/dia/PV^{0,75}) estimada a partir do consumo de Oxigênio e batimentos cardíacos.57
- Figura 6 Equação de regressão entre a produção de calor estimada por meio do consumo de Oxigênio associado aos batimentos cardíacos e a produção de calor observada no abate comparativo.....58

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 Composição bromatológica da dieta experimental e nível de inclusão (%) de cada ingrediente. Valores expressos em porcentagem da matéria seca. .24
- Tabela 2 Consumo de matéria seca CMS^1 (kg/dia) e CMS^2 (kg/dia/ $PV^{0,75}$), consumo de energia metabolizável CEM^1 (kcal/dia) e CEM^2 (kcal/dia/ $PV^{0,75}$), consumo de proteína bruta CPB^1 (g/dia) e CPB^2 (g/dia/ $PV^{0,75}$), consumo de fibra em detergente neutro $CFDN^1$ (g/dia) e $CFDN^2$ (g/dia/ $PV^{0,75}$) e ganho de peso médio diário GMD (kg/dia).36
- Tabela 3 Peso inicial PI (kg), peso de abate PA (kg), peso metabólico médio $PV_{0,75}$ (kg), peso do corpo vazio PCV (kg), peso do corpo vazio metabólico $PCV_{0,75}$ (kg), componentes não carcaça CNC (kg), carcaça fria CF (kg), volume (m³) e densidade.....39
- Tabela 4 Peso (kg) dos principais componentes corporais de cordeiros em crescimento submetidos a diferentes manejos alimentares.....34
- Tabela 5 Composição química em energia (kcal/kg de PCV), proteína bruta (kg/kg de PCV), água (kg/kg de PCV), gordura (kg/kg de PCV) e cinzas (kg/kg de PCV) de cordeiros em crescimento submetidos a diferentes manejos alimentares.....36
- Tabela 6 Equações de regressão entre o logaritmo dos componentes corporais e o logaritmo do peso de corpo vazio.45
- Tabela 7 Composição corporal estimada (g/kg de PCV) para cordeiros em crescimento, dos 30 aos 45 kg de peso vivo.46
- Tabela 8 Equações de estimativa da composição do ganho de 1 kg de corpo vazio46
- Tabela 9 Composição do ganho para 1kg de peso de corpo vazio¹ e para 1 kg de peso vivo.....47
- Tabela 10 Exigências líquidas de proteína(g/ $PV^{0,75}$ /dia) e energia (kcal/ $PV^{0,75}$ /dia) para o ganho de peso, em função de ganhos pré-estabelecidos (g/dia).48
- Tabela 11 Ensaio de digestibilidade, valores de energia bruta (EB), energia digestível (ED), energia metabolizável (EM), digestibilidade da energia (DE) e

metabolizabilidade (QM) e taxa de conversão da energia digestível em metabolizável (Tx) da dieta experimental.49

Tabela 12 Exigências de energia metabolizável (kcal/dia) para o ganho de peso, em função de ganhos pré-estabelecidos (g/dia).54

Tabela 13 Exigências totais (kcal/dia) de energia líquida e metabolizável para o intervalo de crescimento de 30 a 45 kg de cordeiros Santa Inês.....54

Tabela 14 Consumo diário de Oxigênio (VO_2) expresso em litros/dia, batimentos cardíacos totais em 24h (BC), média de frequência cardíaca (FC), consumo de O_2 por pulso cardíaco (O_2P) litro/pulso e produção de calor estimada (PCE) expressa em kcal/dia/ $PV^{0,75}$55

SUMÁRIO

1 Introdução.....	14
2 Referencial Teórico.....	16
2.1 Metodologias para determinação das exigências nutricionais em ruminantes.	16
2.1.1 Abate comparativo	16
2.1.2 Consumo de oxigênio e frequência cardíaca.....	17
2.1.3 Calorimetria	18
2.1.4 Outros métodos para determinação da composição corporal.....	19
2.2 Fatores que afetam as exigências nutricionais dos ovinos e suas correções .	19
3 Material e métodos.....	23
3.1 Metodologia geral	23
3.2 Consumo de alimentos e pesagens	24
3.3 Ensaio de digestibilidade	25
3.4 Determinação do consumo de oxigênio e frequência cardíaca	26
3.5 Procedimentos de abate	29
3.6 Análises químicas.....	30
3.7 Determinação da composição corporal e composição do ganho.....	30
3.8 Determinação das exigências líquidas de energia para manutenção.....	32
3.9 Eficiência de utilização da energia metabolizável para a ganho e manutenção	32
3.10 Análises estatísticas.....	33
4 Resultados e Discussão.....	36
4.1 Consumo de nutrientes e ganho de peso.....	36
4.2 Corpo, carcaça e vísceras.....	38
4.3 Composição corporal e exigências líquidas de ganho	41
4.4 Digestibilidade	49
4.5 Exigência líquida de energia para a manutenção	50
4.6 Coeficiente de utilização da energia metabolizável para o ganho (kg) e para a manutenção (km).	52
4.7 Exigência de energia metabolizável para o ganho	53
4.8 Exigência de energia metabolizável para a manutenção	54
4.9 Exigências totais.....	54
4.10 Frequência cardíaca e consumo de Oxigênio.....	55
5 Conclusões.....	59
6 Referências bibliográficas	Erro! Indicador não definido.

1 Introdução

A composição corporal é descrita por uma função multifatorial que sofre efeito da curva de crescimento, do sexo, do nível nutricional, da genética e do estado fisiológico do animal. O conhecimento da composição corporal torna-se de suma importância por ser um método prático pelo qual se estimam as exigências nutricionais e por ter efeito direto sobre o desempenho dos ovinos.

As exigências nutricionais são tradicionalmente determinadas de forma empírica alterando composição dietética ou o nível de consumo dos alimentos, assim, estas exigências serão influenciadas pela digestibilidade da dieta, pela exigência de manutenção, pela composição do ganho e pelos processos metabólicos que afetam a eficiência de uso dos nutrientes (NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC, 1994).

Gonzaga Neto et al. (2005), corroboram que a manutenção do corpo do animal representa grande parte da energia alimentar requerida por ovinos em crescimento, o que torna a energia o nutriente mais crítico na formulação de dietas e o mais expressivo na determinação da composição corporal final. A exigência de manutenção de um animal é definida como a quantidade de nutrientes ou de energia necessários para que os processos vitais do corpo permaneçam normais, de forma prática a exigência de manutenção é representada pelo momento em que o animal não sofre alterações em sua composição corporal (AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC, 1980).

A exigência de energia para a manutenção é tida como o consumo de oxigênio do corpo, sendo metade dessas necessidades utilizada pelas paredes do trato digestivo e fígado, um terço pela pele, rins e sistema nervoso e o restante para as atividades musculares básicas. Vale ressaltar que pode haver alterações nas atividades básicas destes tecidos de acordo com o genótipo, idade, estado fisiológico e condições ambientais (RESENDE et al., 2008).

O método tradicional (abate comparativo) para a determinação das exigências de manutenção envolve o abate de animais de grupo referência pré-determinado e o abate de animais em níveis distintos de consumo de energia metabolizável, a fim de se extrapolar para o nível zero de ingestão e assim determinar o consumo de energia do corpo. Os ensaios para a determinação de exigências são caros e laboriosos, o que torna necessário o desenvolvimento ou a confirmação de metodologias mais baratas e práticas em condições de campo.

Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi determinar as exigências de manutenção pelo método tradicional e pelo método de consumo de oxigênio associado ao batimento cardíaco (sem abate) com o de estimativa da produção de calor por meio do consumo de Oxigênio associado à frequência cardíaca.

2 Referencial Teórico

2.1 Metodologias para determinação das exigências nutricionais em ruminantes:

Diversas metodologias são utilizadas para determinação da composição corporal e das exigências nutricionais dos animais ruminantes, neste tópico são listadas algumas destas metodologias.

2.1.1 Abate comparativo

O método fatorial de determinação de exigências parte do pressuposto que a demanda global de nutrientes do animal é dada pelo somatório das exigências de manutenção e das exigências de produção, sendo essa última fracionada para os diferentes produtos.

Lofgreen & Garret (1968) propuseram a metodologia de abate comparativo que permite avaliar as exigências de ganho e manutenção considerando a composição do ganho e estimando a produção de calor a partir do consumo de energia metabolizável e da retenção da mesma. Segundo os autores a produção de calor é dada pela subtração da energia retida diariamente do consumo diário de energia metabolizável (EM). A retenção diária de energia pode ser determinada pelo abate de animais em diferentes fases da curva de crescimento com a adoção de grupo referência de peso e condição corporal previamente estabelecido.

De maneira similar o abate comparativo serve para estabelecer as exigências de proteína, a partir da avaliação do consumo diário de proteína metabolizável. Para determinação das exigências de manutenção é necessário que varie o consumo de EM e proteína metabolizável (PM), pois, a extrapolação para o nível zero de ingestão é por definição, o gasto de manutenção, ou seja, o metabolismo basal.

2.1.2 Consumo de oxigênio e frequência cardíaca

A avaliação do consumo de oxigênio associada à mensuração dos batimentos cardíacos, surge como uma ferramenta para estimar o gasto energético dos animais, partindo do pressuposto de que o consumo de O₂ está associado às taxas metabólicas e que esse O₂ é transferido para os tecidos através do bombeamento cardíaco. A maior parte da EM consumida pelos animais homeotérmicos é perdida na forma de calor. A produção de calor é o produto da subtração entre a energia consumida e a energia retida no corpo. Esforço significativo vem sendo empenhado para desenvolver métodos para medir o gasto energético em condições de campo sem a necessidade de abate dos animais. O desenvolvimento da informática oferece uma ampla margem de possibilidade de gravação de dados biológicos e estimativa da produção de calor (BROSH, 2006).

A taxa cardíaca pode ser usada de maneira individual para determinação do consumo de O₂, pois a maior parte do oxigênio direcionado aos tecidos é enviada via bombeamento cardíaco, e assim o consumo de oxigênio pode ser estimado através da taxa de batimentos associado à concentração do gás no sangue venoso e arterial a partir da equação do sistema cardiovascular (Fick):

$$VO_2 = HR \times [Vs (CaO_2 - CvO_2)]$$

Onde:

VO₂ é o consumo de oxigênio

HR é a taxa cardíaca

VS é o volume de sangue bombeado a cada batimento

CaO₂ é a concentração de O₂ no sangue arterial

CvO₂ é concentração de O₂ no sangue venoso

Como desvantagem, esse método apresenta a necessidade de se determinar as concentrações de O_2 no sangue dos animais. A combinação entre o consumo de O_2 e a taxa cardíaca vem apresentando bons resultados na estimativa da produção de calor. A predição do gasto energético a partir da combinação entre o consumo de O_2 e a taxa cardíaca (O_2P -HR) é baseada na avaliação por um longo período da taxa cardíaca e de um curto período para avaliar o consumo de oxigênio, portanto, a acurácia do método é dependente da acurácia nas determinações iniciais e não sofre alterações significativas pela composição da dieta segundo Brosh, 2006.

2.1.3 Calorimetria

Calorimetria é a mensuração de calor, através da qual os gastos energéticos dos animais podem ser estimados. O calor pode ser mensurado diretamente através de métodos físicos (Calorimetria Direta) ou pode ser inferido através das mensurações quantitativas de alguns dos subprodutos do metabolismo animal (Calorimetria Indireta) (DIENER, 1997).

Esse método baseia-se no princípio de que a produção de calor metabólico é resultado da oxidação de compostos orgânicos. Dessa forma, se fossem oxidados completamente todos os compostos, a produção de calor poderia ser calculada pela relação de consumo de O_2 e produção de CO_2 . Entretanto, outras formas de perda de calor devem ser consideradas: a oxidação incompleta da proteína, a qual determina a formação de compostos nitrogenados combustíveis que são excretados com a urina, sendo a uréia o principal composto; e a fermentação anaeróbica, a qual produz gases combustíveis, principalmente, o metano, devendo dessa maneira, ser também computada no cálculo.

A relação entre a quantidade de oxigênio consumido e a quantidade de gás carbônico produzido é referida como quociente respiratório (QR) e pode ser

empregada para conhecer o tipo de substrato que está sendo oxidado pelo animal. Os coeficientes respiratórios de carboidratos, proteína e gorduras são 1,0; 0,8 e 0,7, respectivamente.

2.1.4 Outros métodos para determinação da composição corporal

A determinação das exigências nutricionais obrigatoriamente passa pela determinação da composição corporal e para isso existem diversas ferramentas citadas na literatura, são métodos diretos e indiretos e cada um deles apresentando vantagens e desvantagens. A composição corporal pode ser determinada *in vivo* ou *post mortem* e de maneira geral podemos destacar os seguintes métodos para determinação da composição corporal: *in vivo* - ultrasonografia, condutividade elétrica do corpo, impedância bioelétrica, ureia, água tritiada, oxido de deutério e *post mortem*- composição centesimal do corpo, composição centesimal da seção entre a 9^a a 11^a costelas, composição de outras partes do corpo do animal, gravidade específica do corpo vazio e gravidade específica da costela.

2.2 Fatores que afetam as exigências nutricionais dos ovinos e suas correções

O grupo genético (raça) é um dos principais motivos pelos quais as exigências nutricionais dos ovinos são diferenciadas. Os ovinos são animais que apresentam grande variação em termos de genótipos e fenótipos, e estão espalhados na quase totalidade do globo terrestre tendo evoluído nos mais diversos ambientes.

Resende *et al.* (2008) destacam que para as diferentes raças, as diferenças na exigência de manutenção podem ser explicadas pelos tamanhos diferenciados dos órgãos internos. A energia gasta pelas vísceras e pelo tecido

muscular representam respectivamente 50 e 23% do total de energia para manutenção, isso porque os tecidos viscerais apresentam maior *turnover* proteico do que o músculo esquelético.

Em termos de composição corporal os animais se diferenciam quanto ao grau e local de deposição de gordura, quanto ao tamanho dos órgãos internos (especialmente aqueles mais ativos metabolicamente como o fígado e o intestino), quanto a deposição de tecido muscular e antes de tudo quanto ao peso adulto que é a medida que governa o início da deposição de tecido adiposo ou grau de maturidade. A exigência de manutenção pode ser afetada pela deposição de gordura nos depósitos internos, nesse contexto Vêras et al. (2001) destacam que animais onde o maior depósito de gordura encontra-se nos componentes não carcaça apresentam maior exigência de manutenção comparado àqueles que depositam gordura na carcaça, sendo assim, pode se estabelecer que caprinos tem maior manutenção que bovinos e ovinos e que alguns grupos genéticos de ovinos poderiam ter suas exigências de manutenção aumentadas, por exemplo a raça Santa Inês, que possui alta deposição de gordura visceral, porem apresenta órgãos relativamente menores que as raças de aptidão para carne.

As diferenças no tamanho dos órgãos e na deposição de gordura tem sua raiz no processo evolutivo de cada grupo genético. As características observadas hoje nas diversas raças foram moldadas pelo ambiente em que esses animais evoluíram. Em condições onde a oferta de alimentos é escassa é comum encontrar animais de menor porte, com órgãos proporcionalmente menores. Essa adaptação representa uma tentativa de diminuir a demanda energética de manutenção e assim possibilitar a sobrevivência em ambientes hostis. Pode se observar em raças que evoluíram em ambientes desérticos o acúmulo excessivo de gordura na região de inserção da cauda, essa gordura representa uma reserva energética além de ser fonte de água, pois sua oxidação gera quantidades substanciais de água metabólica.

Animais da raça Santa Inês apresentam características bastante peculiares como a deposição excessiva de gordura visceral e órgãos relativamente menores que as raças especializadas para a produção de carne (Texel, Ile de France etc.). Neste grupo genético a deposição de gordura nas vísceras é priorizada em relação à gordura da carcaça (GERASEEV et al., 2008; RIBEIRO, 2010).

Quando se analisa os dados disponíveis na literatura sobre tamanhos relativos de órgãos e dinâmica de deposição de gordura, os ovinos da raça Santa Inês teriam hipoteticamente suas exigências de manutenção diminuídas, pois possuem órgãos relativamente menores. Porém como há a evidências de que animais que depositam quantidades substanciais de gordura nas vísceras tendem a ter uma maior exigência de manutenção um efeito pode neutralizar o outro.

Comparando as exigências de manutenção de ovinos em crescimento da Raça Santa Inês (GERASEEV, 2003) com a de animais com predominância de sangue Texel (GALVANI et al, 2008) os valores são muito próximos, girando em torno de 58,7 kcal por quilo de peso metabólico. No caso das exigências de ganho nos menores pesos os valores para o genótipo especializado em carne apresentam ligeiro aumento. Para aqueles animais mais pesados, a raça nativa apresenta maiores exigências, isso ocorre porque os animais de sangue Texel apresentam maior potencial para deposição de músculo nas fases iniciais do que os ovinos Santa Inês e nos pesos superiores a energia retida na forma de gordura para os ovinos Santa Inês é sensivelmente maior quando comparado aos animais de sangue Texel, elevando as exigências energéticas de ganho.

O NUTRITIONAL RESEARCH COUNCIL (2006) não apresenta ajuste para efeito de raça e considera que não há diferenças entre os genótipos de ovinos quando as exigências de manutenção são comparadas na proporção do peso adulto para cada grupo genético. A publicação relata que diversos autores não encontraram diferenças na comparação da produção de calor de ovelhas das

raças Suffolk e Texel e Finnsheep e Rambouillet. Similarmente Cannas et al. (2004) e Jarrige (1988) também não adotam ajuste para efeito de raça na predição da exigência de energia para manutenção.

A idade é outro fator que afeta as exigências. Relacionando a idade à curva de crescimento e, por conseguinte composição do ganho é correto afirmar que existem diferenças entre as exigências nutricionais dos ovinos em diferentes idades. Com o avançar da idade, mudam a eficiência de utilização da energia, a composição do ganho e a partição da energia.

Resende et al. (2008) destacam que em geral os sistemas de alimentação internacionais utilizam a correção para idade preconizada pelo *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation - CSIRO* (1990), essa correção utiliza a expressão exponencial: $\exp(-0,03 \times IDa)^*$ por considerar que o metabolismo em jejum decresce com a idade em uma taxa de 8% ao ano até o sexto ano de vida.

* Idade em anos.

3 Material e métodos

3.1 Metodologia geral

O experimento foi conduzido no Setor de Ovinocultura do Departamento de Zootecnia, da Universidade Federal de Lavras – UFLA, durante o período de junho de 2012 a janeiro de 2013. Foram utilizados 27 cordeiros da raça Santa Inês, com média de peso vivo inicial de 31,6 kg ($\pm 1,6$). Os cordeiros foram alojados em baias individuais de piso de concreto com cama de maravalha e dimensão de 1,3 m², as baias eram providas de cochos e baldes para a ingestão de alimentos e água.

Os animais foram distribuídos aleatoriamente em 4 tratamentos experimentais (planos nutricionais): referência (n=6), consumo *ad libitum* (n=7), restrição alimentar de 30% (n=7) e restrição alimentar de 50% do consumo (n=7). Após a alocação dos cordeiros em seus respectivos grupos experimentais, foram feitos quartetos, com um animal de cada grupo em cada quarteto. Houve a perda de um animal do grupo referência, portanto o experimento foi conduzido desbalanceado. Na tabela 1 pode ser observada a distribuição dos animais nos diferentes grupos experimentais.

A restrição alimentar foi calculada com base na oferta de matéria natural do animal alocado no tratamento de alimentação *ad libitum* de cada quarteto, assim, o animal em consumo à vontade de cada quarteto balizou a oferta de alimentos para os restritos de seu grupo. Os animais referência foram abatidos no início do experimento e os demais foram abatidos assim que o cordeiro o qual teve alimentação à vontade atingiu 47 kg de PV.

A dieta foi calculada de acordo com as exigências postuladas pelo NRC (2006) para um ganho estimado de 300g. Para aqueles animais em alimentação *ad libitum* foram permitidas sobras de 10% do total fornecido. Foram feitos

ajustes diários individuais, de maneira a garantir o consumo *ad libitum*. Não houve variação na composição das dietas entre os tratamentos experimentais, a fim de se evitar confundimento entre o efeito da restrição alimentar quantitativa e qualitativa.

Tabela 1 Composição bromatológica da dieta experimental e nível de inclusão (%) de cada ingrediente. Valores expressos em porcentagem da matéria seca.

<i>Item</i>	<i>Feno</i>	<i>Milho</i>	<i>F. Soja</i>	<i>Calcário</i>	<i>Sal comum</i>	<i>Supl. Mineral¹</i>	<i>Total</i>
Inclusão	20	56	21,6	1,2	0,4	0,8	100
MS	85,18	84,14	87,1	100	100	100	82,97
PB	5,51	8,34	50,41	-	-	-	16,58
Cinzas	5,35	1,06	6,52	-	-	-	3,07
FDA	46,83	2,24	9,13	-	-	-	12,59
FDN	80,18	13,03	10,5	-	-	-	25,6
FDNf	16,04	-	-	-	-	-	16,04
EE	0,96	1,8	2,26	-	-	-	1,69
EM ²							2679,24

¹Produto comercial, com os seguintes níveis de garantia: P (81 g/kg); Ca (183,36 g/kg); S (19,9 g/kg); Mg (18,89 g/kg); Na (114 g/kg); Zn (3999,8 mg/kg); Cu (288 mg/kg); Co (33,4 mg/kg); I (60 mg/kg); Se (9,9 mg/kg); F máx (810 mg/kg) e Fe (1500 mg/kg)

²Valor estimado por meio do ensaio de digestibilidade (item3.2) e expresso em kcal.kg de MS⁻¹

3.2 Consumo de alimentos e pesagens

A dieta experimental foi fornecida em duas refeições diárias, as 8:00 e às 16:00h. Foram feitos ajustes diários na oferta de alimentos a fim de garantir a quantidade prevista de cada tratamento experimental.

Foram realizadas coletas diárias dos alimentos fornecidos e das sobras, foram feitas amostras semanais e ao final do experimento uma amostra composta dos alimentos, e uma amostra composta de sobras para cada animal.

Os cordeiros foram pesados semanalmente, para acompanhar a evolução do peso vivo e determinar a data de entrada no ensaio de digestibilidade e o peso de abate.

3.3 Ensaio de digestibilidade

O ensaio de digestibilidade foi conduzido com o objetivo de se determinar a digestibilidade da dieta e conseqüentemente o consumo de energia metabolizável de cada animal individualmente. Foram utilizados apenas 18 cordeiros daqueles que estavam presentes no ensaio principal. O critério utilizado para o início do ensaio de digestibilidade de cada grupo de animais era a evolução do peso vivo, ou seja, quando o cordeiro sujeito a alimentação à vontade atingia uma média de 40kg de PV, o trio era transferido para as gaiolas metabólicas, que eram equipadas com coletores de fezes e urina, cochos de água e alimentos sólidos.

O ensaio teve duração de 15 dias, sendo considerados 10 para adaptação ao manejo diário e 5 dias para coleta e mensuração do consumo de alimentos, produção de fezes e urina, o período foi encurtado uma vez que os animais já estavam completamente adaptados à dieta experimental.

O conteúdo de energia metabolizável da dieta foi calculado por meio da equação (ARC, 1980):

$$\mathbf{EM = EBi - (EBf + EBu + EPGD)}$$

Onde:

$$\mathbf{EPGD = PGD \times EBi / 100;}$$

$$\mathbf{PGD = 4,28 + 0,059 DG, \text{ segundo Blaxter (1962);}}$$

EM = energia metabolizável;

EBi = energia bruta ingerida;

EBf = energia bruta fecal;
EBu = energia bruta urinária;
EPGD = energia dos produtos gasosos da digestão;
PGD = proporção de EPGD em kcal com relação à EBi;
DG = digestibilidade da energia, em %.

3.4 Determinação do consumo de oxigênio e frequência cardíaca

A frequência cardíaca foi avaliada em três períodos durante o ensaio, no momento da entrada dos animais no experimento, 30 dias depois da entrada e antes do abate. A medida foi tomada por no mínimo 24h em cada período de avaliação. Os batimentos foram mensurados com uso do conjunto da marca Polar e modelo RS800CX, o conjunto consistia em um eletrodo preso por meio de uma cinta elástica ao corpo do animal, um receptor dos dados e um dispositivo infra-vermelho para transferir as informações para o computador.

Para a determinação do consumo de Oxigênio foi construída uma caixa de policarbonato vedada para a entrada de ar atmosférico (figura 1), com um volume útil de 1 m³. O aparelho utilizado nessa medição foi o detector de gases modelo DG 500 da marca *Instrutherm*. As concentrações de O₂ e CO₂, temperatura e umidade eram registradas a cada minuto.



Figura 1 Caixa de policarbonato construída para aferir o consumo de O₂ de cordeiros em crescimento.

Os animais permaneciam durante 20 minutos na câmara para a avaliação do consumo de oxigênio e liberação de gás carbônico. O ar dentro da câmara era continuamente homogeneizado por 4 mini ventiladores instalados nas extremidades da mesma, a fim de evitar erros na mensuração dos gases. A partir do volume da caixa, do volume do animal e da concentração inicial e final de O₂ foi estimado o consumo de oxigênio, expresso em porcentagem do volume total de ar dentro da caixa.

Para a determinação do volume do cordeiro, foi construída uma caixa de água graduada para medir o volume que o corpo desloca após o abate. Como havia dados sobre o volume de cordeiros abatidos em diferentes pesos vivos foi possível construir uma equação para estimar o volume do cordeiro em função de seu peso.

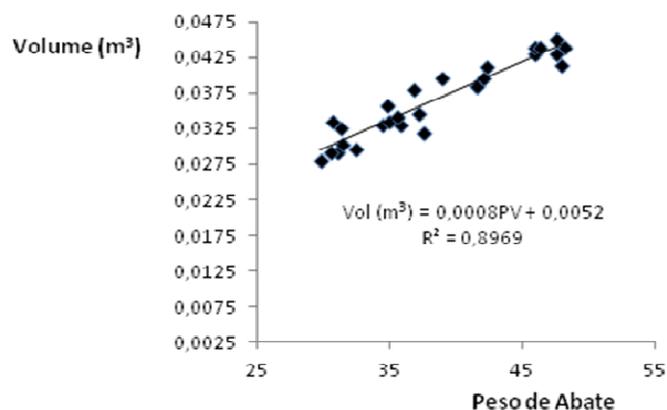


Figura 2 Equação de regressão entre o peso de abate e o volume dos cordeiros.

Durante o período em que os animais permaneciam na caixa eram monitoradas suas frequências cardíacas e a partir dos batimentos e do consumo de Oxigênio em 20 minutos obteve-se o consumo de O_2 por pulso cardíaco (O_2P).

$O_2P = \text{Volume de } O_2 \text{ consumido em 20 minutos} / \text{número de batimentos cardíacos em 20 minutos.}$

O cálculo do consumo de Oxigênio em 24 horas de Oxigênio (VO_2) foi feito com base na quantidade de O_2 consumida por pulso multiplicada pelo número total de pulsos cardíacos em 24h.

$VO_2 = O_2P \times \text{número total de batimentos em 24 horas}$

A produção de calor dos animais foi calculada multiplicando-se o consumo diário de oxigênio (VO_2) por 4,89 kcal, assumindo que se gera 4,89 kcal de energia por litro de oxigênio consumido (Nicol & Young, 1990 e Brosh

et al ,1998), esse valor foi dividido pelo peso metabólico do animal em cada período de avaliação ($PM = PV^{0,75}$).

A exigência de manutença a partir da estimativa da produção de calor pelo consumo de oxigênio foi obtida por meio da regressão entre o consumo de energia metabolizável e a produção de calor estimada por meio do consumo diário de O_2 .

3.5 Procedimentos de abate

Os animais foram abatidos quando o cordeiro alocado no tratamento de alimentação *ad libitum* de cada quarteto atingiu 47 kg de peso vivo, nesse momento os demais cordeiros daquele quarteto foram sacrificados.

Antes do abate os animais foram pesados e submetidos a um jejum de 16 horas, com acesso à água, ao término deste período foi realizada uma nova pesagem para determinação do peso após jejum. O procedimento de abate consistiu em: atordoamento mecânico seguido de corte da carótida e jugular.

O sangue foi coletado, pesado e congelado para análises posteriores. Após a sangria foram feitas a esfolia, evisceração e a separação da cabeça e das patas. Todos os componentes corporais, órgãos internos (coração, pulmão, traquéia/esôfago, baço, fígado e pâncreas), compartimentos digestivos cheios e vazios (rúmen/retículo, omaso, abomaso, intestino delgado e intestino grosso), depósitos de gordura (omental, mesentérica), vesícula biliar cheia e vazia, bexiga cheia e vazia, cabeça, pés, foram retirados e pesados individualmente, para a decomposição do peso vivo e determinação do peso do corpo vazio (PCV), obtido por meio da soma de todos os componentes corporais, isentos do conteúdo do trato digestivo, urina e bÍlis.

Para a determinação da composição corporal, os componentes foram divididos em dois grandes grupos, componentes não carcaça e carcaça. Os

componentes não carcaça (órgãos, vísceras, extremidades, pele e sangue) e a carcaça foram moídos separadamente gerando duas amostras para cada animal de cada tratamento. Esse material foi congelado, cortado em serra de fita e moído em *cutter* de 30 H.P. e 1775 rpm. Foi procedido o novo congelamento e uma nova moagem para melhorar a homogeneização do material, foram retiradas amostras individuais para posteriores análises químicas.

3.6 Análises químicas

Nas amostras de alimentos, sobras e fezes foram procedidas as determinações de matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, extrato etéreo e matéria mineral de acordo com a metodologia preconizada por Silva & Queiroz (2002). O teor de energia bruta foi determinado pela queima em bomba calorimétrica. Nas amostras de urina foi determinado o teor de N por sistema Kjeldhal feito diretamente sobre a matéria natural e determinado o teor de energia bruta por bomba calorimétrica.

Nas amostras de componentes não-carcaça e carcaça foram determinados o teor de água e cinzas de maneira sequencial. O teor de extrato etéreo foi determinado após secagem do envelope em estufa de 105 graus e lavagem com éter etílico por 8 horas. O teor de proteína foi determinado por sistema Kjeldhal feito diretamente sobre a matéria natural.

3.7 Determinação da composição corporal e composição do ganho.

A composição corporal foi estimada através de equações de regressão do log da quantidade do componente presente no corpo vazio em função do PCV. Onde utiliza-se a equação exponencial proposta por HUXLEY (1932).

$$Y = aX^b, \text{ linearizada } \log Y = \log a + b(\log X).$$

Onde:

$\log Y$ = log da quantidade total do nutriente retido no corpo vazio

a = intercepto (efeito da média)

$\log X$ = log do peso do PCV

b = coeficiente de regressão do nutriente em função do PCV.

A partir das concentrações de proteína e gordura presentes no corpo foi estimado o conteúdo corporal de energia pelo uso da equação proposta pelo ARC, 1980.

$$CE \text{ Mcal} = 5,784x + 9,465y$$

Onde:

CE = conteúdo corporal de energia

x = conteúdo corporal de PB

y = conteúdo corporal de gordura

Para se determinar a composição do ganho e as exigências líquidas de ganho as equações do conteúdo do conteúdo corporal de cada nutriente foram derivadas e obteve-se os valores das exigências para o ganho 1kg de PCV.

$$Y' = b \cdot 10^a \cdot X^{(b-1)}$$

Onde:

Y' = exigência de cada nutriente para ganho de 1kg de PCV

a e b = intercepto e coeficiente de regressão das equações de predição do conteúdo corporal do nutriente

X = PCV

3.8 Determinação das exigências líquidas de energia para manutenção

A exigência de energia líquida para a manutenção foi determinada conforme metodologia proposta por por ARC (1980) e Lofgreen e Garret (1968). Segundo este procedimento, a energia líquida de manutenção (Elm) corresponde à produção de calor no jejum e é obtida pela extrapolação ao nível zero de ingestão de energia metabolizável numa equação de regressão entre o log da produção de calor (PC) em função da ingestão de energia metabolizável por quilo de peso metabólico (CEM). A exigência de EM para manutenção será estimada a partir da equação de regressão para predição da Elm, no ponto no qual a produção de calor se iguala ao consumo de EM.

A produção de calor é calculada extraindo a porção da energia metabolizável consumida que é retida no ganho, a produção de calor estimada representa a parte da energia metabolizável que é utilizada para manutenção do corpo e as perdas na forma de calor.

$$PC = CEM - ER$$

Onde:

CEM: consumo de energia metabolizável

ER: energia retida no ganho

3.9 Eficiência de utilização da energia metabolizável para a ganho e manutenção

A eficiência de utilização da energia metabolizável para a manutenção representa a fração da energia metabolizável que pode ser convertida em energia líquida (El) para atender às exigências de manutenção do animal. A eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção (km) foi estimada pela razão

entre a exigência líquida de manutenção e a exigência de energia metabolizável para a manutenção (ELm/EMm).

A eficiência de utilização da energia metabolizável para o ganho em peso (Kf) foi calculada pelo coeficiente de regressão da equação de retenção de energia e consumo de energia metabolizável disponível para o ganho de peso. A exigência de energia metabolizável para o ganho de peso é representada pela relação entre a exigência líquida de ganho e a eficiência de utilização da energia para o ganho:

$$EMg = ELg/kf$$

3.10 Análises estatísticas

Os animais foram arranjados em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC). Foi utilizado o PROC GLM do software estatístico Statistical Analysis System - SAS (1999) e onde era necessário a comparação múltipla de médias foi procedido pelo teste Tukey com nível de significância de 5%.

Para as variáveis GMD, CEM, CMS, CPB e CFDN, foram excluídos das análises estatísticas os animais do grupo referência. (n=21)

Modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{(i)k}$$

Em que:

Y_{ik} = valores observados para as variáveis no nível i de tratamentos (grupos de manejo alimentar) na repetição k.

μ = média comum a todas as observações.

α_i = efeito do nível i de grupos de manejo alimentar (i = 1 a 3).

$\varepsilon_{(i)k}$ = erro experimental que por hipótese tem distribuição normal com média zero e variância σ^2 .

Para o estudo dos efeitos dos tratamentos sobre o peso dos componentes corporais, foram considerados todos os grupos de animais (n=27)

Modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{(i)k}$$

Em que:

Y_{ik} = valores observados para as variáveis no nível i de tratamentos na repetição k.

μ = média comum a todas as observações.

α_i = efeito do nível i de grupos de manejo alimentar (i = 1 a 4).

$\varepsilon_{(i)k}$ = erro experimental que por hipótese tem distribuição normal com média zero e variância σ^2 .

Para a determinação da composição corporal e exigências de ganho foram feitas curvas de regressão entre o componente (proteína e energia) e o peso do corpo vazio, nesse caso foi utilizado o PROC REG do software estatístico *Statistical Analysis System* - SAS (1999)

Modelo Estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + b_1 X_{1i} + \varepsilon_{(ij)}$$

Onde

Y_{ij} = valores observados para o log do peso do componente no nível i de tratamentos na repetição j

μ = média geral

b_1 = coeficiente de regressão

X_{1i} = logaritmo do PCV

$\varepsilon_{(ij)}$ = erro experimental que por hipótese tem distribuição normal com média zero e variância σ^2

A comparação entre as duas metodologias foi procedida a partir de uma análise de comparação de equações lineares (SNEDECOR; COCHRAN, 1967). Foram comparadas as curvas de regressão do consumo de energia metabolizável e produção de calor estimada pelo abate comparativo e pela produção de calor estimada a partir do batimento cardíaco e consumo de O_2 . Foram comparados os interceptos e os coeficientes de regressão das equações. Foi feita uma regressão linear entre as produções de calor estimadas pelas diferentes metodologias.

4 Resultados e Discussão

4.1 Consumo de nutrientes e ganho de peso

Na tabela 2 podem ser observadas as médias para ganho de peso diário e consumo de nutrientes para os diferentes manejos alimentares de cordeiros Santa Inês em crescimento.

Tabela 2 Consumo de matéria seca CMS¹ (kg/dia) e CMS² (kg/dia/ PV^{0,75}), consumo de energia metabolizável CEM¹ (kcal/dia) e CEM² (kcal/dia/PV^{0,75}), consumo de proteína bruta CPB¹ (g/dia) e CPB² (g/dia/ PV^{0,75}), consumo de fibra em detergente neutro CFDN¹(g/dia) e CFDN² (g/dia/ PV^{0,75}) e ganho de peso médio diário GMD (kg/dia).

<i>Variável</i>	<i>Tratamento</i>			<i>CV</i> (%)	<i>EPM</i>	<i>Prob.</i>
	<i>Ad libitum</i>	<i>Rest 30</i>	<i>Rest 50</i>			
CMS ¹	1,33a	1,02b	0,74c	8,30	0,032	<.0001
CMS ²	0,085a	0,069b	0,054c	8,07	0,002	<.0001
CEM ¹	2961,5a	2219,0b	1654,8c	8,29	71,39	<.0001
CEM ²	188,96a	150,81b	119,95c	8,06	4,67	<.0001
CPB ¹	228,6a	171,2b	122,5c	8,08	0,105	<.0001
CPB ²	14,58a	11,63b	8,88c	7,87	0,348	<.0001
CFDN ¹	309,6a	253,9b	188,2c	9,83	9,320	<.0001
CFDN ²	19,75a	17,24b	13,54c	9,33	0,595	<.0001
GMD	0,231a	0,122b	0,041c	21,92	0,010	<.0001

As médias seguidas por diferentes letras na linha diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

As diferenças encontradas para o ganho de peso entre os diferentes manejos alimentares resultam da ingestão diferenciada dos nutrientes, entretanto, quando consideramos apenas os animais em consumo *ad libitum* é possível afirmar que o ganho peso (231g/dia) nessa fase de crescimento foi satisfatório.

Outros autores, trabalhando com cordeiros Santa Inês em crescimento, encontraram valores similares para o ganho em diferentes fases da terminação, Ribeiro (2010) relata valores médios de 234g/dia, Furusho-Garcia et al. (2010): 194 g/dia, Geraseev et al. (2006): de 228 g/dia, Furusho-Garcia et al. (2004): 216g/dia. Os valores de ganho são variáveis nos diferentes estudos devido à composição das dietas e aos distintos manejos experimentais.

A restrição aplicada com base na oferta de alimentos na matéria natural dos animais do tratamento de consumo *ad libitum* foi fixada em níveis de 30 e 50%. Entretanto os valores observados em porcentagem de consumo dos animais restritos em relação aos animais em consumo *ad libitum* foram de 76,69% e 55,63%. É possível notar um desajuste entre o nível de restrição fixado e os valores médios de consumo dos nutrientes. A forma como foi feito o cálculo do fornecimento pode explicar esse comportamento. A restrição foi feita com base na oferta de alimentos e não no consumo de matéria seca dos animais do tratamento *ad libitum*, para os quais eram permitidas sobras de 10%, valor que não era descontado no ajuste diário da alimentação dos animais restritos.

O consumo de nutrientes em função do peso metabólico ficou próximo aos valores relatados por Geraseev et al. (2006) e superiores aos relatados por Galvani et al. (2008) que trabalharam com cordeiros de sangue predominante Texel, em uma faixa inferior de peso vivo. Os valores encontrados no presente experimento vão de encontro às recomendações no NRC (2006) que estipula consumo de matéria seca na ordem de 0,9 kg/dia e 1,39 kg/dia para cordeiros em estado avançado de maturidade, ganhando 250g de PV, com 30 e 50 kg respectivamente.

É possível perceber que houve acréscimo de massa corporal em todos os tratamentos experimentais, explicitando dessa maneira que a restrição mais severa não foi suficiente para deixar os animais em estado de manutenção onde não há ganho de peso.

4.2 Corpo, carcaça e vísceras

Como relatado para o consumo de nutrientes, as diferenças entre as variáveis apresentadas na tabela 3 eram esperadas devido aos tratamentos experimentais, uma vez que, a restrição imposta aos animais diminuiu a velocidade de crescimento e teve efeito marcante sobre o ganho de peso e o peso de abate.

A relação entre volume e peso (densidade) pode ser um indicativo da composição corporal, os animais com maior percentual de gordura corporal tendem a ter corpos menos densos, isso pode ser comprovado quando comparamos os dados de composição química do corpo (tabela 5) e relação volume peso. Outros fatores podem ter influenciado nessa medida, como a presença de ar nos pulmões e de gases no trato digestivo, porém como as avaliações foram feitas da mesma maneira para todos os tratamentos experimentais, esses efeitos foram diluídos.

Tabela 3 Peso inicial PI (kg), peso de abate PA (kg), peso metabólico médio PV^{0,75} (kg), peso do corpo vazio PCV (kg), peso do corpo vazio metabólico PCV^{0,75} (kg), componentes não carcaça CNC (kg), carcaça fria CF (kg), volume (m³) e densidade.

<i>Variável</i>	<i>Tratamento</i>				<i>CV</i>	<i>EPM</i>	<i>Prob.</i>
	<i>Ref.</i>	<i>AL</i>	<i>R30</i>	<i>R50</i>			
PI	31,38	31,34	31,94	31,71	5,32	0,649	0,8987
PA	31,38 d	47,10 a	40,20 b	34,53 c	4,57	0,680	<,0001
PV ^{0,75}	13,25 c	15,67 a	14,71 b	13,80 c	3,34	0,182	<,0001
PCV	27,37 d	40,99 a	35,42 b	30,37 c	4,56	0,593	<,0001
PCV ^{0,75}	11,96 d	16,20 a	14,52 b	12,93 c	3,43	0,182	<,0001
CNC	12,04 c	16,46 a	14,47 b	12,39 c	5,67	0,298	<,0001
CF	14,84 d	23,99 a	20,35 b	17,34 c	5,68	0,414	<,0001
Volume	0,031 c	0,043 a	0,037 b	0,033 c	7,26	0,001	<,0001
Densidade	0,998 a	0,923 b	0,937 a	0,957 a	4,96	0,018	0,0512

As médias seguidas por diferentes letras na linha diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 4 Peso (kg) dos principais componentes corporais de cordeiros em crescimento submetidos a diferentes manejos alimentares.

<i>Comp.</i>	<i>Tratamento</i>				<i>CV(%)</i>	<i>EPM</i>	<i>Prob</i>
	<i>Ref.</i>	<i>AL</i>	<i>R30</i>	<i>R50</i>			
Coração	0,203 c	0,278 a	0,252 ab	0,222 bc	9,78	0,009	<,0001
Pulmão	0,469	0,536	0,461	0,408	21,07	0,040	0,1440
Abomaso	0,153 ab	0,173 a	0,154 ab	0,146 b	10,44	0,006	0,0272
Omaso	0,065 b	0,087 a	0,075 ab	0,069 ab	16,83	0,005	0,0247
Rúmen	0,635 b	0,846 a	0,706 b	0,620 b	11,08	0,030	<,0001
Fígado	0,636 b	0,803 a	0,601 b	0,490c	11,36	0,028	<,0001
Int. delgado	0,718	0,674	0,628	0,629	19,80	0,054	0,6924
Int. grosso	0,395 c	0,496 a	0,492 ab	0,418 bc	11,80	0,021	0,0033
Baço	0,067 b	0,082 a	0,074 ab	0,068 bc	9,65	0,003	0,0016
Pâncreas	0,044 b	0,058 a	0,051 b	0,052 ab	14,54	0,003	0,0210
G. Omental	0,375 b	0,815 a	0,666 a	0,373 b	24,10	0,053	<,0001
Mesentério	0,293 b	0,492 a	0,497 a	0,349 b	20,51	0,032	0,0003
G. perirrenal	0,178 b	0,436 a	0,400 a	0,251 b	21,91	0,028	<,0001
G. pélvica	0,039 b	0,079 a	0,072 a	0,050 b	18,87	0,005	<,0001
G. inguinal	0,095 c	0,177 a	0,160 ab	0,113 bc	24,49	0,014	0,0005

Cabeça	2,120 c	2,874 a	2,574 b	2,395 c	7,46	0,072	<,0001
Pele	2,867 b	4,102 a	3,615 a	2,931 b	12,41	0,165	<,0001
Sangue	1,550 c	1,970 a	1,880 ab	1,600 bc	11,12	0,077	0,0013
Rins	0,097 bc	0,112 a	0,099 ab	0,085c	8,62	0,003	<,0001
CNC	12,039 c	16,460 a	14,460 b	12,38 c	5,67	0,300	<,0001
CF	14,840 d	23,990 a	20,350 b	17,340 c	5,68	0,420	<,0001

As médias seguidas por diferentes letras na linha diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

De maneira geral a restrição alimentar afetou muito pouco a proporção de órgãos e demais componentes do peso vivo, esse fato pode ser explicado pela não severidade dos tratamentos experimentais.

A diminuição da oferta de alimentos afetou órgãos importantes de maneira diferenciada, a proporção de fígado diminuiu à medida que diminuiu o consumo de matéria seca e, por conseguinte de energia metabolizável, porém esse efeito não foi encontrado para abomaso, omaso, e rúmen. A proporção de intestino delgado e intestino grosso se elevaram com a redução na oferta de alimentos.

Segundo Geraseev et al (2008) a restrição alimentar não afeta órgãos de crescimento precoce como coração e pulmão, estes tendem a manter seu tamanho quando não são impostos níveis extremos de restrição alimentar. Segundo essa premissa, esperava-se que não houvesse diferenças entre as proporções dos estômagos, pois esses órgãos também apresentam crescimento precoce (Ribeiro, 2010).

O fígado é um dos órgãos mais responsivos em termos de tamanho relativo à oferta de alimentos, tendo seu tamanho sensivelmente reduzido quando são impostos manejos alimentares restritivos a resposta encontrada no presente estudo o qual concorda com os achados por Geraseev et al (2008) em que a restrição alimentar afetou o crescimento do fígado.

Rosa et al. (2002) relataram porcentagens, em função do peso do corpo vazio de 0,337 e 1,945 para rins e fígado, respectivamente, de cordeiros da raça Texel. Corroborando com os autores, Silva Sobrinho et al. (2003) que determinaram proporções em função do peso de corpo vazio dos órgãos de cordeiros Ile de France x Ideal, abatidos ao 30kg de peso vivo. Sumarizando os resultados encontrados por Silva e Sobrinho et al. (2003): fígado (2,297%); pâncreas (0,180%); Baco (0,175%); rins (0,398%). Esses valores estão próximos aos encontrados para os animais abatidos pelo presente estudo.

Os depósitos de gordura representam proporcionalmente uma fração importante do peso vivo dos animais, e são responsivos à restrição alimentar. Por se tratar de componentes de desenvolvimento tardio (GERASEEV et al., 2007; RIBEIRO, 2010; SANTOS et al., 2009), a deposição de gordura é afetada principalmente quando a restrição é imposta na fase de terminação ou início da maturidade, como é o caso do presente estudo. A restrição alimentar diminuiu as proporções de gordura omental e perirrenal e não teve efeito sobre os demais depósitos de gordura.

4.3 Composição corporal e exigências líquidas de ganho

As menores proporções de gordura foram encontradas nos animais referência, que foram abatidos com menor peso, menor idade e por consequência em menor estado de maturidade. A proporção de gordura e água presente no corpo tem comportamentos antagônicos, quanto maior a proporção de água menor a proporção de gordura, isso pode ser explicado uma vez que o tecido adiposo concentra pouca quantidade de água em sua composição, ao contrário do tecido muscular. Se observarmos, o animais referência foram aqueles com maior proporção de água no corpo vazio e menor proporção de gordura.

Tabela 5 Composição química em energia (kcal/kg de PCV), proteína bruta (kg/kg de PCV), água (kg/kg de PCV), gordura (kg/kg de PCV) e cinzas (kg/kg de PCV) de cordeiros em crescimento submetidos a diferentes manejos alimentares.

<i>Variável</i>	<i>Tratamento</i>				<i>CV(%)</i>	<i>EPM</i>	<i>Prob.</i>
	<i>Ref.</i>	<i>AL</i>	<i>R30</i>	<i>R50</i>			
Água	0,675 a	0,633 b	0,617 b	0,627 b	2,74	0,007	<,0001
PB	0,158 b	0,155 b	0,162 b	0,180 a	4,46	0,003	<,0001
Gordura	0,127 c	0,168 ab	0,176 a	0,152 b	9,65	0,006	<,0001
Cinzas	0,038	0,042	0,043	0,040	11,29	0,002	0,3315
Energia	2123,17 b	2496,02 a	2611,85 a	2484,56 a	6,18	57,04	<,0001

As médias seguidas por diferentes letras na linha diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Entre os manejos alimentares é possível perceber que a restrição de 30% do consumo não afetou o percentual de gordura presente no corpo vazio comparado ao tratamento *ad libitum*. A restrição de 50% do consumo não alterou o percentual de gordura comparado aos animais *ad libitum*, contrariando as evidências na literatura de que a medida que se aumenta o consumo de energia metabolizável se eleva o percentual de gordura corporal.

Não houve diferença entre os teores de cinzas em relação aos manejos alimentares, esse fato pode ser explicado pelo comportamento de crescimento do tecido ósseo (local de maior deposição de minerais), os ossos apresentam crescimento precoce e na fase estudada não apresenta ganhos relativos consideráveis, Geraseev (2003) também não encontraram diferenças na composição corporal em cinzas para cordeiros Santa Inês em crescimento submetidos a diferentes manejos alimentares.

Em termos de proteína bruta os animais da restrição 50 foram aqueles que proporcionalmente obtiveram os maiores teores de PB em função do peso de corpo vazio, esses cordeiros ainda que em restrição alimentar, ganharam peso, o que indica que esses animais depositaram mais proteína do que gordura no ganho, outro indício desse comportamento é o fato do tamanho dos depósitos de gordura omental e perirrenal (tab 4) terem diminuído nesses animais.

Os valores de composição corporal encontrados no presente estudo corroboram com os achados por Geraseev (2003) que trabalhou com cordeiros Santa Inês, o autor relata valores de 179,7 g/kg de EE, 161,9 g/kg de PB, 2571 kcal/kg de energia e 53,6 g/kg de cinzas para animais em consumo *ad libitum* e 164 g/kg de EE, 172,9 g/kg de PB, 2410 kcal/kg de energia e 53,0 g/kg de cinzas para animais submetidos a restrição pós natal, e ambos os manejos alimentares o autor sacrificou os cordeiros aos 45 kg de PV. Galvani (2011) trabalhando com cordeiros mestiços Dorper x Santa Inês, também relata valores próximos aos desta pesquisa, principalmente para os cordeiros restritos a 50% do consumo *ad*

libitum: 150g/kg de gordura, 177g/kg de PB, 41,9 g/kg de cinzas e 2400 kcal/kg de energia. Entretanto Almeida (2008) e Oliveira (2003) encontraram valores superiores para composição corporal, os autores trabalharam com cordeiros Santa Inês em pesos de abate semelhantes ao estudado.

Vale ressaltar que a composição corporal é afetada por diversos fatores, como dieta, consumo, idade, dentre outros, portanto as variações entre os dados na literatura podem acontecer em função das diferenças de cada experimento, isso reforça a necessidade de uma análise conjunta dos dados.

A partir do peso vivo, peso de corpo vazio e conteúdos corporais de energia, proteína e gordura dos animais estudados, foram determinadas equações de regressão para estimar a quantidade de água, gordura, proteína, cinzas e energia presentes no corpo vazio em função do PCV, estas equações podem ser observadas na tabela 6.

Tabela 6 Equações de regressão entre o logaritmo dos componentes corporais e o logaritmo do peso de corpo vazio.

	<i>Equação</i>	<i>R²</i>
PCV	$PCV = 0,8571 PV + 0,15032$	0,9797
Água	$\text{Log água} = 0,8853 \log PCV + 0,3218$	0,9344
PB	$\text{Log PB} = 0,8477 \log PCV - 0,0974$	0,8057
EE	$\text{Log EE} = 1,6118 \log PCV - 3,5704$	0,8334
Cinzas	$\text{Log cinzas} = 1,254 \log PCV - 2,5337$	0,7956
Energia	$\text{Log energia} = 1,3085 \log PCV - 1,0073$	0,8749

A partir das equações apresentadas na tabela 6 foi estimada a composição corporal, em termos de PB, gordura, energia e cinzas, de cordeiros no intervalo de peso estudado no experimento. Os resultados podem ser observados na tabela 7.

Tabela 7 Composição corporal estimada (g/kg de PCV) para cordeiros em crescimento, dos 30 aos 45 kg de peso vivo.

<i>PV</i>	<i>PCV</i>	<i>PB</i>	<i>GORD</i>	<i>EM</i>	<i>CINZ</i>
30	25,86	170,04	134,67	2259,50	38,68
35	30,15	166,11	147,92	2368,95	40,21
40	34,43	162,79	160,45	2468,10	41,59
45	38,72	159,90	172,38	2559,04	42,85

A derivação das equações de composição corporal gera as equações para a composição do ganho de 1 kg de peso vivo, estas equações são apresentadas na tabela 8, a partir das equações de composição do ganho foram estimadas as proporções de cada nutriente específico no ganho e, por conseguinte as exigências líquidas de energia e proteína para o ganho de peso (tab 9 e tab 10)

Tabela 8 Equações de estimativa da composição do ganho de 1 kg de corpo vazio

<i>Componente</i>	<i>Equação</i>
PB	$Y' = 0,6773 PCV^{-0,1523}$
EE	$Y' = 0,00043 PCV^{0,6118}$
Energia	$Y' = 0,128669 PCV^{0,3085}$
Cinzas	$Y' = 0,003672 PCV^{0,254}$

Tabela 9 Composição do ganho para 1kg de peso de corpo vazio¹ e para 1 kg de peso vivo.

<i>Peso Vivo</i>	<i>PB</i>	<i>GORD</i>	<i>EM</i>	<i>CINZ</i>
<i>PCV</i>				
30	144,14	217,07	2956,56	48,50
35	140,81	238,41	3099,76	50,43
40	137,99	258,61	3229,50	52,16
45	135,55	277,85	3348,51	53,74
<i>PV</i>				
30	124,26	187,13	2548,76	41,81
35	121,39	205,52	2672,21	43,47
40	118,96	222,93	2784,05	44,96
45	116,85	239,53	2886,64	46,32

¹Valores estimados a partir das equações apresentadas na tabela 8.

*Valores obtidos dividindo a composição do ganho de peso de corpo vazio pelo fator de conversão 1,16, obtido pela relação entre PV e PCV.

O valor do fator de correção para peso vivo (1,16) obtido no presente estudo concorda com Almeida (2008) e está muito próximo ao obtido por Geraseev (2003) que relata valor de 1,14 para conversão do peso de corpo vazio para peso vivo.

Na tabela 10 podem ser observadas as exigências líquidas de proteína bruta e energia para o ganho de 100; 150; 200; 250 e 300 g/dia. Esses valores foram obtidos proporcionalmente ao ganho de 1 kg de peso vivo apresentado na tabela 9.

Tabela 10 Exigências líquidas de proteína(g/PV^{0,75}/dia) e energia (kcal/PV^{0,75}/dia) para o ganho de peso, em função de ganhos pré-estabelecidos (g/dia).

<i>PV</i>	<i>Ganho</i>				
	100	150	200	250	300
<i>Proteína líquida</i>					
30	12,43	18,64	24,85	31,07	37,28
35	12,14	18,21	24,28	30,35	36,42
40	11,90	17,84	23,79	29,74	35,69
45	11,69	17,53	23,37	29,21	35,06
<i>Energia Líquida</i>					
30	254,88	382,31	509,75	637,19	764,63
35	267,22	400,83	534,44	668,05	801,66
40	278,41	417,61	556,81	696,01	835,22
45	288,66	432,99	577,33	721,66	865,99

À medida que se aumenta o peso vivo observa-se um decréscimo das exigências de proteína e um aumento nas exigências de energia para o ganho de peso. Esse comportamento concorda com Geay et al. (1984) e Geraseev (2003), entretanto comportamento contrário foi observado por Carvalho, Pires e Silva (2000) e Pires, Silva e Sanchez (2000) que observaram aumento nas exigências de proteína bruta com o avançar da maturidade, o que pode ter ocorrido pelo fato de os autores supracitados terem considerado como parte das exigências de proteína o acréscimo de proteína retida na forma de lã.

O aumento do nível de maturidade determina um direcionamento diferenciado na deposição dos tecidos, à medida que se avança a idade do animal a deposição de tecido adiposo é priorizada em detrimento da deposição de tecido muscular. Nas fases posteriores da curva de crescimento observa-se uma diminuição na eficiência de ganho e conversão alimentar e um aumento na eficiência energética.

Os valores para exigência de proteína bruta encontrados no presente estudo são inferiores aos relatados por Geraseev (2003): 35,96 e 35,78 g/dia para

cordeiros de 35 e 45 kg de PV respectivamente; Almeida (2008): 45,1 e 45,8 g/dia para cordeiros de 30 e 40 kg de PV respectivamente; NRC (1985) 41 g/dia para cordeiros de 30 kg e superiores aos valores recomendados pelo *Agricultural and Food Research Council - AFRC* (1993): 25,11 e 25,35 para cordeiros de 35 e 45 kg de PV respectivamente. Entretanto, os valores achados se aproximam daqueles relatados por Galvani (2011) e Galvani et al. (2008), onde o autor relata valores médios que giram em torno de 32 g/dia para cordeiros de 30 a 45 kg de peso vivo. Em todos os dados apresentados foi considerado um ganho médio de 250 g/dia.

As variações encontradas são um reflexo principalmente dos grupos genéticos e condições experimentais de cada estudo, que geram diferenças na composição corporal afetando as exigências de ganho.

4.4 Digestibilidade

Na tabela 11 podem ser observados os valores obtidos no ensaio de digestibilidade para os parâmetros energéticos bem como o coeficiente de metabolizabilidade da dieta experimental podem ser observados na tabela 11.

Tabela 11 Ensaio de digestibilidade, valores de energia bruta (EB), energia digestível (ED), energia metabolizável (EM), digestibilidade da energia (DE) e metabolizabilidade (QM) e taxa de conversão da energia digestível em metabolizável (Tx) da dieta experimental.

<i>Item</i>	<i>Valores</i>
EB consumida (kcal)	5171,69
Digestibilidade (%)	77,17
ED consumida (kcal)	3997,38
ED (kcal/kg de MS)	3259,51
EM consumida (kcal)	3288,71

EM (kcal/kg de MS)	2679,24
QM (%)	63,59
Tx (%)	82,27

Não foi procedido análise de variância nesses dados, devido ao fato de que as diferenças encontradas em alguns são da natureza dos próprios tratamentos experimentais, e ainda os valores de Energia Metabolizável (kcal/kg de MS) foram muito próximos para os diferentes tratamentos.

Os valores obtidos nesse experimento concordam com aqueles obtidos por Furusho-Garcia (2001), Geraseev (2003) e Almeida (2008), em todos esses trabalhos os autores encontraram valores de energia metabolizável girando em torno de 2665 kcal/ kg de MS, posteriormente será percebido um efeito marcante da diminuição no teor de energia metabolizável na estimativa das exigências de manutenção.

4.5 Exigência líquida de energia para a manutenção

Na figura 3 pode ser observada a equação de regressão entre o log da produção de calor e o consumo de energia metabolizável diário. Extrapolando para o nível zero de ingestão, o valor de energia líquida de manutenção é de 65,01 kcal/ PV^{0,75}/dia.

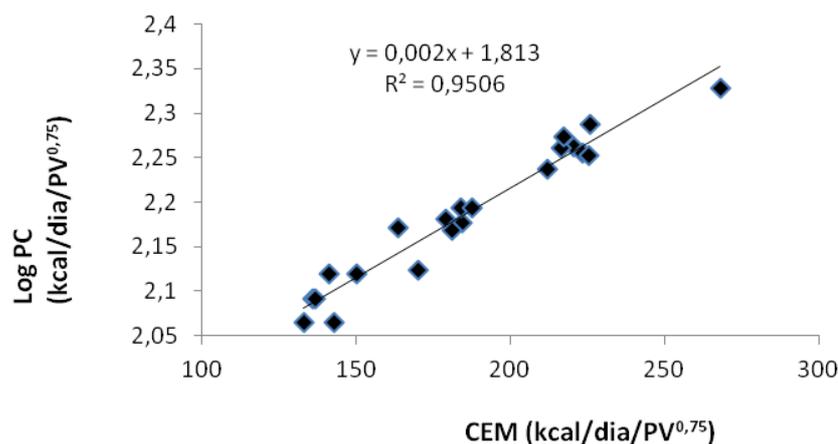


Figura 3 Equação de regressão entre o log da produção de calor e consumo de energia metabolizável.

Geraseev (2003) trabalhando com cordeiros Santa Inês relatou valores de Elm de 58,92 kcal/PV^{0,75} para animais em consumo *ad libitum* de matéria seca, esses valores concordam com Almeida (2008), 59,82 kcal/PV^{0,75} e Galvani et al. (2008) 58,6 kcal/PV^{0,75}, Cabral et al. (2008) 57 kcal/PV^{0,75}. Para os diferentes comitês internacionais, as recomendações são as seguintes: NRC (2006) 47,2 kcal/dia/PV^{0,75}, considerando cordeiros em estado avançado de maturidade e com ganho médio de 250 gramas ao dia; CSIRO (2007) 66 kcal/PV^{0,75}; ARC (1980) 58,6 kcal/PV^{0,75}; NRC (1985) 56 kcal/PV^{0,75}; AFRC (1993) 71 kcal/PV^{0,75}. O valor encontrado no presente estudo está na faixa de variação presente na literatura, particularmente próximo ao relatado pelo AFRC (1993) e CSIRO (2007).

Gonzaga Neto et al (2005), trabalhando com cordeiros em crescimento da raça Morada Nova com até 25 kg de PV, encontrou valor de 52,59 kcal/PV^{0,75} para exigência líquida de manutenção, entretanto, o ovino Morada Nova é um reconhecido grupo genético de reduzido tamanho corporal e peso relativos de

vísceras menores, este animal hipoteticamente tem suas exigências de manutenção diminuídas.

Segundo Galvani et al (2008), as variações entre as estimativas das exigências de manutença podem ser por efeito da composição corporal (relação músculo:gordura) e das atividades metabólicas dos diferentes tecidos, o que torna difícil comparar estudos em diferentes condições.

4.6 Coeficiente de utilização da energia metabolizável para o ganho (kg) e para a manutença (km).

A eficiência de utilização de energia para o ganho encontrada no presente estudo foi de 0,3278, esse valor foi obtido através da regressão entre o consumo de energia metabolizável disponível para o ganho diário por quilo de peso metabólico e a retenção diária de energia também na proporção do peso metabólico. A equação gerada foi:

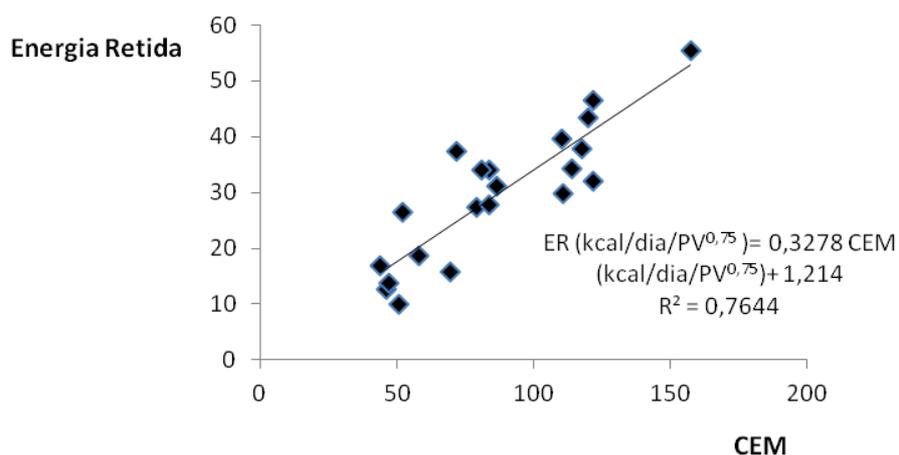


Figura 4 Equação de regressão entre o consumo de energia metabolizável (kcal/PV^{0,75}/dia) disponível para o ganho e a retenção de energia (kcal/dia).

O valor de eficiência de utilização da energia metabolizável para o ganho é inferior àqueles relatados na literatura, diversos autores concordam que o valor da estimativa gira em torno de 0,50 (ALMEIDA, 2008; GALVANI et al., 2008; GERASEEV, 2003), entretanto pesquisas mais recentes conduzidas por Galvani (2011) relatam valores mais próximos ao encontrado nesse experimento utilizando dietas à base de feno de *coast cross*, o autor relata valor de 0,35 para eficiência de uso da energia para o ganho.

Com relação à eficiência de utilização da energia metabolizável para a manutenção, o valor obtido neste trabalho (0,6141) se aproxima àqueles encontrados por Geraseev (2003) 0,659, Almeida (2008) 0,65, Cabral et al. (2008) 0,66. Os dados obtidos na literatura brasileira vão de encontro àqueles recomendados pelos AFRC (1993) e ARC (1980) que é de 0,678 e estão próximos ao valor preconizado pelo NRC (2006) que é de 0,644. A eficiência de utilização da energia para manutenção é função específica da qualidade da dieta e seu índice de metabolizabilidade (ARC, 1980), portanto, como não houve variação entre os ingredientes ofertados e sim na quantidade não há variação entre os manejos alimentares no presente estudo.

4.7 Exigência de energia metabolizável para o ganho

Com relação às exigências de energia, os dados encontrados no presente estudo estão próximos aos relatados por Geraseev (2003): 696 kcal/dia para animais Santa Inês com ganho médio diário de 250 g/dia e NRC (2006) que traz valores de 590 e 740 kcal/dia para cordeiros de 30 e 40 kg de PV ganhando 250g. Revisando a literatura, de maneira geral, as exigências encontradas ficam abaixo dos valores relatados pelo AFRC (1993), Almeida (2008), ARC (1980), Galvani (2011) e NRC (1985) acima dos valores relatados por Galvani et al. (2008).

Tabela 12 Exigências de energia metabolizável (kcal/dia) para o ganho de peso, em função de ganhos pré-estabelecidos (g/dia).

PV	Ganho				
	100	150	200	250	300
	<i>Energia Metabolizável</i>				
30	777,55	1166,29	1555,06	1943,84	2332,61
35	815,19	1222,79	1630,38	2037,98	2445,58
40	849,33	1273,98	1698,63	2123,28	2547,96
45	880,60	1320,90	1761,23	2201,53	2641,82

4.8 Exigência de energia metabolizável para a manutenção

A estimativa da exigência de energia metabolizável está intimamente ligada ao consumo de EM uma vez que é tida pelo ponto da curva onde se igualam a produção de calor e o consumo de energia. Portanto, variações no consumo de energia determinam variações nas estimativas da EMM. No presente estudo o valor obtido para EMM foi de 105,8 kcal/PV^{0,75} superior ao encontrado por Geraseev (2003) 85,75 kcal/PV^{0,75}.

4.9 Exigências totais

Na tabela 13 podem ser observadas as exigências nutricionais globais que representam a soma entre as exigências de manutenção e ganho.

Tabela 13 Exigências totais (kcal/dia) de energia líquida e metabolizável para o intervalo de crescimento de 30 a 45 kg de cordeiros Santa Inês.

PV	PV ^{0,75}	ELm ¹	Exigências totais (kcal/dia)				
			Energia Líquida (kcal/dia) ³				
			Ganho diário (g/dia)				
			100	150	200	250	300

30	12,82	833,3378	1088,214	1215,652	1343,09	1470,528	1597,966
35	14,39	935,4729	1202,694	1336,304	1469,915	1603,525	1737,136
40	15,91	1034,011	1312,416	1451,619	1590,822	1730,024	1869,227
45	17,37	1129,509	1418,173	1562,505	1706,837	1851,17	1995,502
		EMm ²	Energia Metabolizável (kcal/dia) ⁴				
30	12,82	1356,209	2133,744	2522,511	2911,279	3300,046	3688,814
35	14,39	1522,428	2337,623	2745,221	3152,818	3560,416	3968,014
40	15,91	1682,793	2532,108	2956,765	3381,422	3806,08	4230,737
45	17,37	1838,21	2718,821	3159,127	3599,432	4039,738	4480,043

¹ Valor obtido multiplicando o peso vivo metabólico por 65,01.

² Valor obtido multiplicando o peso vivo metabólico por 105,8.

³ Somatório da ELM¹ e das exigências líquidas de ganho (tabela 10)

⁴ Somatório da EMm² e das exigências de energia metabolizável para o ganho (Tabela 10)

4.10 Frequência cardíaca e consumo de Oxigênio.

Na tabela 14 podem ser observadas as médias de consumo diário de Oxigênio, batimentos cardíacos totais em 24h, média de frequência cardíaca, consumo de O₂ por pulso cardíaco e produção de calor estimada.

Tabela 14 Consumo diário de Oxigênio (VO₂) expresso em litros/dia, batimentos cardíacos totais em 24h (BC), média de frequência cardíaca (FC), consumo de O₂ por pulso cardíaco (O₂P) litro/pulso e produção de calor estimada (PCE) expressa em kcal/dia/PV^{0,75}.

<i>Variável</i>	<i>Tratamento</i>			<i>CV</i>	<i>Prob</i>
	<i>AL</i>	<i>Rest 30</i>	<i>Rest 50</i>		
VO ₂	761,49	639,02	622,31	20,87	0,1587
BC	186836 A	168129 AB	156329 B	11,85	0,0352
FC	129,75 A	116,75 AB	108,53 B	11,85	0,0352
O ₂ P	0,0041	0,0038	0,0040	21,20	0,9138
PCE	253,61	210,00	221,00	20,05	0,2225

Pode se observar que não houve diferenças para consumo total de oxigênio, consumo de O₂ por pulso cardíaco e produção de calor estimada a partir do consumo de O₂ e batimentos cardíacos. Entretanto, observa-se efeito do tratamento sobre o número total de batimentos em 24 e também na frequência cardíaca.

A frequência cardíaca é um indicativo de estresse nos animais, sendo assim, a literatura traz diversos valores para o que seria uma frequência cardíaca ideal para os ovinos nos diferentes ambientes e graus de estresse. Quesada, Mc Manus e Couto (2001) relatam valores de 94 batimentos/minuto para ovelhas Santa Inês expostas ao sol por período de 6 horas, esse valor concorda com Eustáquio Filho et al. (2011) que relataram medidas de 92,4 bat/minuto para cordeiras Santa Inês na faixa de temperatura de 10 – 40⁰ C.

Os dados obtidos nesse experimento se aproximam dos relatados por Mendes et al (2013), os autores que trabalharam com ovelhas lanadas da raça Suffolk, apresentam valores de frequência cardíaca na ordem de 119 bat/min, corroborando com Santos et al (2006) que trazem valores de 123 bat/min, utilizando cordeiros Santa Inês. As fontes de variação nesse tipo de estudo são diversas, desde as condições ambientais, fontes de estresse até o grupo genético dos animais estudados.

O objetivo maior de uso da metodologia de consumo de O₂ associado ao batimento cardíaco era estabelecer a produção de calor dos animais e a partir disso estimar os gastos energéticos com manutenção. Entretanto, após o cálculo da produção de calor pela metodologia proposta por Brosh et al. (1998) e Nicol e Young (1990), os dados obtidos não correlacionaram com o consumo de energia metabolizável, análise de regressão não foi significativa.

A equação gerada permitiu que fosse feito o cálculo da ELM mas esse valor ficou muito acima daquele obtido no abate comparativo, na figura 4 pode ser observado o comportamento dos dados, a equação de regressão e o R²:

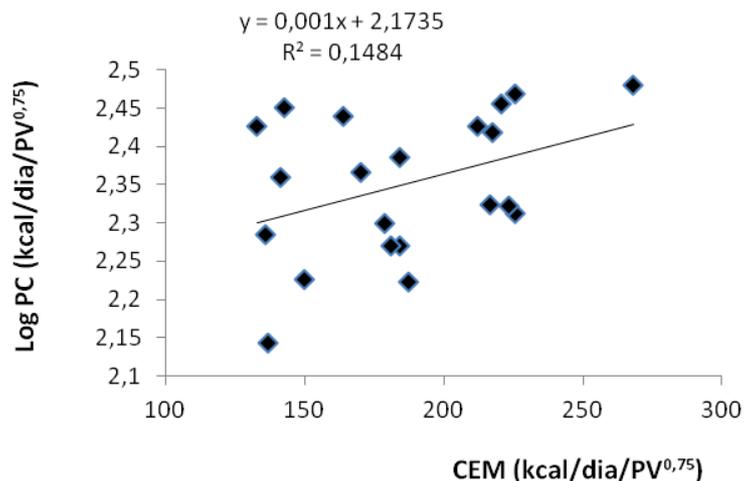


Figura 5 Equação de regressão entre o consumo de EM (kcal/dia/PV^{0,75}) e a produção de calor (kcal/dia/PV^{0,75}) estimada a partir do consumo de Oxigênio e batimentos cardíacos.

Se por definição a Elm é a produção de calor com consumo zero de energia metabolizável, o anti log do intercepto ($10^{2,1735}$) nos fornece o valor da medida, nesse caso o valor estimado foi de 149,11 kcal/dia/PV^{0,75}, praticamente 2,5 vezes superior ao valor estimado pelo abate comparativo. Esse comportamento pode ser atribuído a um possível estresse dos animais durante a medição do consumo de O₂, o que pode ter elevado consideravelmente o valor de O₂P e assim elevar o consumo de oxigênio (VO₂) e por consequência elevar a produção de calor estimada.

As médias de batimentos cardíacos durante a avaliação do consumo de O₂ são sensivelmente superiores às médias dos batimentos cardíacos obtidas durante os períodos de coleta de 24 horas, evidenciando que os animais não estavam nas mesmas condições de estresse no momento das duas medidas.

Foi procedida uma análise de comparação de equações lineares (SNEDECOR; COCHRAN, 1967) para comparar as equações (1) $y = 0,002x + 1,813$ obtida no ensaio de abate comparativo e (2) $y = 0,001x + 2,1735$ obtida através da regressão entre a produção de calor estimada por meio dos batimentos cardíacos e consumo de oxigênio. Esta análise evidenciou que tanto o intercepto quanto o coeficiente de regressão das equações são diferentes.

A regressão entre a produção de calor estimada pelo abate comparativo e a produção de calor estimada pelo consumo de O_2 e batimentos cardíacos pode ser observada na figura 5.

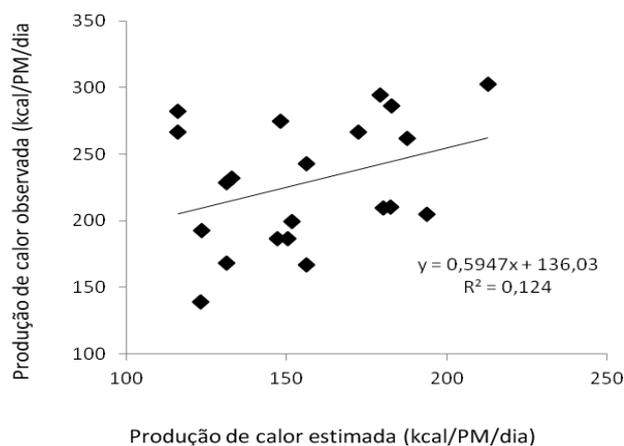


Figura 6 Equação de regressão entre a produção de calor estimada por meio do consumo de Oxigênio associado aos batimentos cardíacos e a produção de calor observada no abate comparativo.

O baixo ajuste da equação (R^2) e a não significância da regressão linear ($p=0,1174$) evidenciam que as duas metodologias para estimar a produção de calor de cordeiros em crescimento não foram correlacionadas. Como a literatura já possui informações suficientes para definir que consumo de oxigênio e produção de calor são interligados atribui-se ao estresse na coleta de dados a não significância da regressão entre produção de calor estimada por abate

comparativo e a produção de calor estimada por consumo de O₂ e batimentos cardíacos.

5 Conclusões

A restrição alimentar aumentou a proporção de intestino delgado, diminuiu a proporção de fígado e gordura omental e não alterou a proporção dos estômagos.

À medida que se aumentou o peso vivo houve decréscimo nas exigências líquidas de ganho de proteína e acréscimo nas exigências de energia.

A eficiência de utilização da energia para o ganho foi de 32,78% e para manutenção 61,41%.

A comparação entre as duas equações de predição da exigência de manutenção mostrou que tanto o intercepto quanto o coeficiente de regressão foram diferentes. A estimativa da produção de calor por meio do abate comparativo não foi correlacionada à estimativa da produção de calor por meio do consumo de oxigênio e frequência cardíaca.

REFERÊNCIAS

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL. **Energy and protein requirements of ruminants**. Wallingford: CAB International, 1993. 159 p.

AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL. The nutrient requirements of farm animals. London, 1980. 351p.

ALMEIDA, T. R. V. **Crescimento, exigências nutricionais e eficiência de utilização de energia de cordeiros Santa Inês em compensação**. 2008. 209 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

BLAXTER, K. L. **The energy metabolism of ruminants**. London: Hutchinson & Company, 1962. 329 p.

BROSH, A. Estimation of energy expenditure from heart rate measurements in cattle maintained under different conditions. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, p. 3054-3064, 1998.

BROSH, A. Heart rate measurements as an index of energy expenditure and energy balance in ruminants: A review. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 85, p. 1213-1227, 2007.

CABRAL, L. S. et al. Estimativa dos requisitos nutricionais de ovinos em condições brasileiras. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 9, n. 3, p. 529-542, jul./set. 2008.

CANNAS, A. et al. A mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological values for sheep. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 82, p. 149-169, 2004.

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

COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANISATION. **Nutrient requirements of domesticated ruminants**. Collingwood, 2007. 270 p.

COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANISATION. **Standing Committee on Agriculture, Ruminants Subcommittee**. East Melbourne, 1990.

EUSTÁQUIO FILHO, A. et al. Zona de conforto térmico de ovinos da raça Santa Inês com base nas respostas fisiológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 40, n. 8, p. 1807-1814, 2011.

FURUSHO-GARCIA, I. F. **Desempenho, características de carcaça, alometria dos cortes e tecidos e eficiência da energia, em cordeiros Santa Inês e cruzas com Texel, Ile de France e Bergamácia**. 2001. 316 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

FURUSHO-GARCIA, I. F. et al. Desempenho de cordeiros Santa Inês puros e cruzas Santa Inês com Texel, Ile de France e Bergamácia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 33, n. 6, p. 1591-1603, 2004.

FURUSHO-GARCIA, I. F. et al. Performance and carcass characteristics of Santa Inês pure lambs and crosses with Dorper e Texel at different management systems. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.39, n.6, p.1313-1321, 2010.

GALVANI, D. B. et al. Energy requirements of Texel crossbred lambs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 86, p. 3480–3490, 2008.

GALVANI, D. B. **Exigências e eficiência energética e proteica de ovinos Dorper x Santa Inês alimentados com dietas contendo volumosos de valor**

nutricional distinto. 2011. 111 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2011.

GEAY, Y, Energy and protein utilization in growing cattle. **Journal of Animal science**, Champaign, v. 58, n. 3, p. 766-778, 1984.

GERASEEV, L. C. et al. Efeito da restrição alimentar pré e pós-natal sobre o crescimento dos órgãos internos de cordeiros Santa Inês. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 60, n. 4, p. 960-969, 2008.

GERASEEV, L. C. et al. Efeito da restrição pré e pós-natal sobre o crescimento dos depósitos de gordura de cordeiros Santa Inês. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 59, n. 3, p. 782-788, jun. 2007.

GERASEEV, L. C. et al. Efeitos das restrições pré e pós-natal sobre o crescimento e desempenho de cordeiros Santa Inês do desmame ao abate. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 35, n. 1, p. 237-244, 2006.

GERASEEV, L. C. **Influência da restrição pré e pós-natal sobre as exigências nutricionais, crescimento e metabolismo energético de cordeiros Santa Inês.** 2003. 209 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

GONZAGA NETO, S. et al. Composição corporal e exigências nutricionais de proteína e energia para cordeiros Morada Nova. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 34, n. 6, p. 2446-2456, 2005 (supl.)

HUXLEY, J. S. **Problems of relative growth.** London: Methuen, 1932.

JARRIGE, R. (Ed.). **Alimentation des bovins, ovins et caprins.** Paris: INRA, 1988. 471 p.

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**, Champaign, v. 27, n. 3, p. 793-806, 1968.

MENDES, L. C. et al. Efeito da tosquia na temperatura corpórea e outros parâmetros clínicos em ovinos. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 33, n. 6, p. 817-825, jun. 2013.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Metabolic modifiers**: effects on the nutrient requirements of food -producing animals. Washington, 1994.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of sheep**. 6th ed. Washington, 1985. 99 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of small ruminant**: sheep, goats, cervids and new world camelids. 6th ed. Washington, 2006. 384 p.

NICOL, A. M.; YOUNG, B. A. Short-term thermal and metabolic responses of sheep to ruminal cooling: effects of level of cooling and physiological state. **The Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 70, p. 833-843, 1990.

OLIVEIRA, R. P. **Influência da restrição alimentar pré e pós-natal sobre o desempenho e composição relativa dos cortes e da carcaça, em cordeiros Santa Inês**. 2003. 180 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

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

QUESADA, M.; MCMANUS, C.; COUTO, F. A. A. Tolerância ao calor de duas raças de ovinos deslanados no Distrito Federal. **Revista brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 30, n. 3, p. 1021-1026, 2001. (Supl. 1).

RESENDE, K. T. et al. Avaliação das exigências de pequenos ruminantes pelos sistemas de alimentação recentemente publicados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p.161-177, 2008. (Supl. Especial).

RIBEIRO, F. L. A. **Desempenho e crescimento alométrico de cordeiros Santa Inês e Lacaune x Santa Inês**. 2010. 76 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

SANTOS, C. L. et al. Desenvolvimento dos componentes do peso vivo de cordeiros Santa Inês e Bergamácia abatidos em diferentes pesos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, n. 5, p. 923-932, 2009.

SANTOS, J. R. S. et al. Respostas fisiológicas e gradientes térmicos de ovinos das raças Santa Inês, Morada Nova e seus cruzamentos com a raça Dorper às condições do semi-árido nordestino. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 5, p. 995-1001, set./out. 2006.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2002.

SILVA SOBRINHO, A. G. et al. Diferentes dietas e pesos ao abate na produção de órgãos de cordeiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 32, n. 6, p. 1792-1799, 2003. Supl. 1.

SNEDECOR, G. W.; COCHRAN, W. G. **Statistical methods**. 6th ed. Iowa: Iowa State University, 1967. 593 p.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. **User's guide: statistics**. Cary, 1999. 956 p.

VÈRAS, A. S. C. et al. Efeito do nível de concentrado sobre o peso dos órgãos internos e do conteúdo gastrointestinal de bovinos nelore não castrados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 30, p. 1120-1126, 2001. Supl. 3.