



## Partição da energia e produção de metano em ovinos alimentados com feno de *Andropogon Gayanus* colhido em três diferentes idades

Cavalcanti, André Cayô<sup>1,4</sup>; Eloísa de Oliveira Simões Saliba<sup>2</sup>; Cristovão Colombo de Carvalho Couto Filho<sup>3</sup>; Filipe Aguiar Silva<sup>2</sup>; Cecília da Mota Ribeiro e Silva<sup>2</sup>; Thasia Martins Macêdo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo. Rodovia BR – 101 Norte km 60 Litorâneo 29932540 - São Mateus, ES, Brasil; <sup>2</sup>Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Zootecnia, Escola de Veterinária. São Francisco Belo Horizonte, MG, Brasil. Caixa postal 567; <sup>3</sup>Instituto Federal do Maranhão, Instituto Federal do Maranhão, Campus São Luís/Reitoria. Avenida Castelo Branco, 789 São Francisco 65076090, São Luís, MA, Brasil; <sup>4</sup>andrecavalcanti40@yahoo.com.br

Cavalcanti, André Cayô; Eloísa de Oliveira Simões Saliba; Cristovão Colombo de Carvalho Couto Filho; Filipe Aguiar Silva; Cecília da Mota Ribeiro e Silva; Thasia Martins Macêdo (2019) Partição da energia e produção de metano em ovinos alimentados com feno de *Andropogon Gayanus* colhido em três diferentes idades. Rev. Fac. Agron. Vol 118 (1): 93-104.

Foi realizado estudo para descrever a partição da energia e produção de metano por ovinos alimentados com fenos do capim *Andropogon gayanus* colhidos aos 56, 84 e 112 dias de crescimento. Utilizou-se a metodologia da calorimetria indireta para mensuração das perdas de energia e para a determinação da energia digestível (ED), metabolizável (EM) e líquida (EL). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, sendo constituído de três tratamentos e seis repetições. As médias foram comparadas pelo teste Student-Newman-Keuls (SNK) ao nível de 5% de significância. O feno, cujo material foi colhido aos 56 dias, resultou em maior ( $P < 0,05$ ) consumo de energia digestível (CED) em relação aos materiais fenados com 84 e 112 dias de rebrote. As perdas diárias de energia através da urina, do metano e do incremento calórico não apresentaram diferença ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos. O feno contendo material colhido aos 56 dias apresentou valor de digestibilidade aparente da energia bruta (DAEB) superior ( $P < 0,5$ ) aos demais tratamentos que não diferiram ( $P > 0,05$ ) entre si. O feno colhido as 56 dias apresentou maior valor de energia digestível e energia metabolizável em relação aos demais fenos que não diferiram entre si ( $P > 0,05$ ). A produção de metano não variou ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos estudados.

**Palavras-chave:** calorimetria indireta, energia líquida, forrageira tropical, gás de efeito estufa.

Cavalcanti, André Cayô; Eloísa de Oliveira Simões Saliba; Cristovão Colombo de Carvalho Couto Filho; Filipe Aguiar Silva; Cecília da Mota Ribeiro e Silva; Thasia Martins Macêdo (2019) Energy partition and methane production in sheep fed with *Andropogon Gayanus* hays in three different ages. Rev. Fac. Agron. Vol 118 (1): 93-104.

A study was conducted to describe the energy partition and methane production by sheep fed grass hay of *Andropogon gayanus* harvested at 56, 84 and 112 days of growth. We used the methodology of indirect calorimetry to measure energy losses and to determine the digestible energy (DE), metabolizable (ME) and liquid (EL). The experimental design was completely randomized, consisting of three treatments and six replications. Means were compared by Student -Newman -Keuls (SNK) test at 5 % significance level. Hays was collected at 56 days, resulted in higher ( $P < 0.05$ ) digestible energy intake (DEI) in relation to hays 84 and 112 days of regrowth. The daily energy losses through urine, methane and heat increment did not differ ( $P > 0.05$ ) between treatments. Hay containing material collected at 56 days showed apparent digestibility of the gross energy value higher ( $P < 0.5$ ) to the other treatments did not differ ( $P > 0.05$ ) between them. Hay harvested the 56 days had higher digestible energy and metabolizable energy value compared to other hays that did not differ ( $P > 0.05$ ). The methane production did not change ( $P > 0.05$ ) between the treatments.

**Keywords:** indirect calorimetry, net energy, tropical forage, methane gas.

Recibido: 13/04/2016

Aceptado: 11/04/2019

Disponibile on line: 01/07/2019

ISSN 0041-8676 - ISSN (on line) 1669-9513, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, Argentina

## INTRODUÇÃO

O uso de forrageiras tropicais no sistema produtivo brasileiro torna a produção pecuária nacional competitiva quanto às demais regiões do planeta. A alta produtividade de matéria seca por hectare existente nestas forrageiras compensa a menor digestibilidade das mesmas em relação às forrageiras temperadas. O estudo mais aprofundado das forrageiras tropicais, neste caso o *Andropogon gayanus*, é de suma importância para tornar os diferentes sistemas produtivos mais eficientes. A avaliação do valor nutritivo é crucial para inserir este tipo de volumoso em sistemas de produção mais eficazes de alimentação. Entretanto, poucos são os estudos que avaliam esta gramínea utilizando animais. A determinação dos valores de energia líquida é importante por quantificar a energia utilizada do alimento para os processos metabólicos envolvidos na manutenção, gestação e produção animal. De acordo com Van Soest (1994), os alimentos não são iguais em sua capacidade de dar suporte às funções de manutenção, crescimento, reprodução e lactação. Segundo Eun *et al.* (2004), além das características peculiares das frações nutritivas constituintes, os alimentos consumidos pelos ruminantes são transformados pelos microrganismos ruminais, impedindo a predição do desempenho somente a partir dos componentes dietéticos. Por isso, a determinação da energia líquida do alimento é tão importante. A determinação da energia líquida do alimento permite a obtenção de formulações de dietas mais precisas, que podem trazer como consequência maior eficiência do sistema de produção. Isso porque os valores preditos estarão mais próximos da exigência real do animal. As estratégias utilizadas para manejar adequadamente as pastagens nos sistemas de criação de ruminantes a pasto podem ser uma das alternativas que visem à redução da emissão de gás metano associadas à produtividade do sistema, bem como a produção de forragens conservadas, como fenos e silagens, buscando alimentos nutritivos e com bons rendimentos. DeRamus *et al.* (2003) avaliaram a produção de CH<sub>4</sub> em vacas e novilhas a partir da técnica do marcador de hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>) em sistemas de pastejo bem manejado e em lotação contínua (mal manejada). Os autores verificaram que a emissão diária de CH<sub>4</sub> de 89 a 180 g/dia para as novilhas e de 165 a 294 g/dia para as vacas adultas, sendo que usando a pastagem bem manejada houve uma redução da emissão de CH<sub>4</sub> por Kg de ganho de peso diário em relação ao pastejo contínuo, pois no manejo de pastagem mais intensivo, utilizando-se forragens mais nutritivas, ocorre uma melhoria na conversão alimentar, produzindo mais leite ou carne. Além disso, os autores fizeram uma projeção da emissão de CH<sub>4</sub> anual para os dois sistemas de produção e verificaram que o sistema de pastagens bem manejadas contribui por uma redução de 22% comparado com o sistema mal manejado. Em virtude de sua grande presença nos sistemas de produção, aliado ao desconhecimento de sua avaliação nutricional na forma de feno e a grande preocupação com a produção de metano oriundo de ruminantes, objetivou-se com este experimento avaliar os valores de energia bruta, energia digestível, energia

metabolizável e energia líquida de fenos do capim *Andropogon gayanus* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento por meio da calorimetria indireta, assim como a determinação da produção de metano.

## MATERIAL E MÉTODOS

A confecção dos fenos realizou-se em uma área com *Andropogon gayanus* já estabelecida em fazenda situada no município de Lagoa Santa – MG e o ensaio de respirometria na Escola de Veterinária da UFMG, em Belo Horizonte – MG. Na análise de solo observaram-se as seguintes características: pH 5,3, Al<sup>3+</sup> 0,6 cmol.carga/dm<sup>3</sup>, P 1,5 mg/dm<sup>3</sup>, K 183 mg/dm<sup>3</sup>, índice de saturação de bases de 39% e classificação de textura franco argilosa. Com base na análise de solo, no início do período chuvoso, procedeu-se a correção da acidez com a aplicação de 2000 kg/ha de calcário dolomítico. Trinta dias depois, foi realizada a uniformização da área experimental, a 20 cm do solo com o uso de roçadeira movida pela tomada de força do trator, e a adubação. Para adubação de cobertura foram utilizados 250 kg/ha de 08-24-12 e 100 kg/ha de 30-00-20 (N:P:K). O capim foi submetido ao corte em três épocas (3 tratamentos), nas seguintes idades de crescimento: 56, 84 e 112 dias. O primeiro corte foi realizado dia 27 de janeiro de 2007 e os demais a cada 28 dias.

Foram utilizados dezoito carneiros adultos, sadios, sem raça definida com peso médio de 37 kg. Os animais foram pesados no início e no final do período experimental. Para determinar a digestibilidade os animais foram previamente vermifugados, vacinados e alojados em gaiolas metabólicas, individuais, confeccionadas em cantoneira de ferro e piso ripado de madeira com bebedouro e comedouro de aço inoxidável e saleiro de polietileno.

Os animais foram sorteados aleatoriamente, no número de 6 para cada tratamento, passando então por um período inicial de adaptação às gaiolas e alimentação de 21 dias, seguido de um período de coleta de amostras de cinco dias. O feno foi oferecido em quantidade suficiente para que se obtivesse aproximadamente 10% sobras no cocho. A água e a mistura mineral comercial foram administradas *ad libitum*. Diariamente foram mensuradas as quantidades de feno (oferecidos e sobras), e no período de coleta foram mensuradas as produções de fezes e urina de cada animal.

Para os fenos oferecidos foram coletados aproximadamente 300 g por tratamento por dia. As sobras foram recolhidas diariamente e armazenadas por animal por dia; já as fezes foram amostradas e depois pesadas (20% do peso total diário), assim como a urina (10% do volume total). Nos baldes coletores de urina foram adicionados, diariamente, 100 ml de HCl 2N para evitar perda de nitrogênio por volatilização e decomposição.

As amostras do dia (oferecido, sobras, fezes e urina), após devidamente etiquetadas, foram armazenadas em câmara fria a temperatura de - 17 °C. Ao fim do período experimental, foram feitas amostras compostas de sobras, fezes e urina que permaneceram estocadas a - 17 °C até a manipulação para análise laboratorial.

Cada amostra composta foi descongelada sob temperatura ambiente, procedendo – se então o processo de pré – secagem a 55 °C por 72 horas e posteriormente, moidas, em moinho estacionário, com peneira de 1,0 mm. Foram realizadas as análises de matéria seca em estufa a 105 °C (MS), proteína bruta (PB) (pelo Método MacroKjedahl), extrato etéreo (EE) segundo Detmann *et al* (2012), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina, nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) segundo Van Soest (1994), energia bruta (EB), por combustão em bomba calorimétrica adiabática modelo IKA Works C - 2000 e digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS) segundo Detmann *et al*, (2012). As amostras de urina foram analisadas para determinação dos teores de energia bruta, nitrogênio total seguindo metodologias já mencionadas.

A determinação da produção de metano pelos ovinos e dos conteúdos de energia metabolizável e energia líquida dos fenos de *Andropogon gayanus*, foi realizada empregando – se calorimetria indireta nas dependências do laboratório de Metabolismo e Calorimetria Animal – LAMCA da Escola de Veterinária da UFMG. Utilizou-se câmara respirométrica de fluxo aberto, confeccionada com placas de acrílico transparente (6 mm de espessura), com dimensões externas de 1,2 m (largura) x 2,0 m (altura) x 2,1 m (comprimento).

O ensaio de respirometria foi realizado em duas fases. Na primeira fase cada animal permaneceu dentro da câmara respirométrica por período de 24 horas para mensurar as trocas gasosas e cálculo da produção de calor do animal alimentado. Os pesos dos animais foram registrados nos momentos de entrada e saída da câmara. Para evitar excesso de amônia no interior da câmara, foi adicionado 100 mL de HCl 2N dentro do balde coletor de urina, situado abaixo da gaiola metabólica. Durante o período dentro da câmara respirométrica o animal recebeu a mesma dieta anteriormente fornecida no ensaio de digestibilidade, sendo que o consumo de alimento foi registrado. Além de feno, os animais receberam água e mistura mineral *ad libitum*. Do lado de fora da câmara também foi colocada uma gaiola metabólica alojando outro carneiro, para evitar o estresse dos animais por isolamento.

Na segunda fase foi calculada a produção de calor dos carneiros em jejum. Após um período de 48 horas em jejum, os animais permaneceram dentro da câmara respirométrica por um período de 24 horas onde receberam apenas água *ad libitum*. Após a abertura da câmara, o volume de urina excretado foi mensurado e armazenado.

Para o procedimento da calorimetria indireta, foram utilizados os equipamentos e a metodologia descritos por Rodriguez *et al*. (2007).

Utilizou-se o sistema de circuito aberto sendo a entrada de ar do sistema situada no ambiente externo ao laboratório. O ar atmosférico entrou na câmara em um fluxo constante de 1 litro de ar para cada kg de peso vivo do animal, e foi misturado ao ar expirado pelo animal. O ar contido no interior da câmara era aspirado com auxílio de uma bomba, passando por um tubo de PVC (3,6 cm de diâmetro) a um fluxo constante,

controlado por um fluxômetro de massa, que corrigia automaticamente o volume de ar para condições de pressão, temperatura e umidade.

Na saída da câmara havia um filtro para reter as impurezas. Com o auxílio de um ventilador acoplado ao sistema, o ar era misturado, possibilitando uma amostragem mais precisa. As amostras de ar, tanto externo como do interior da câmara, foram coletadas a cada 5 minutos para determinação das concentrações de oxigênio (O<sub>2</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e metano (CH<sub>4</sub>) de acordo com metodologia proposta por Chwalibog (2004). Antes de atingir os analisadores de gases, montados em série, o ar passava por um desumidificador (tubo com capacidade de 1 litro contendo sílica).

A concentração máxima permitida de CO<sub>2</sub> foi de 0,5%. O consumo de O<sub>2</sub> e a produção de CO<sub>2</sub> foram calculados baseados no volume e na composição do ar que entrava em comparação com o ar que saía da câmara.

No interior da câmara a temperatura foi controlada com o uso de ar-condicionado e registrada em momentos pré-estabelecidos (durante a primeira e última leitura). Diariamente, antes de iniciar o período de mensuração das trocas gasosas do animal, era realizada a calibração dos analisadores de O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>, utilizando-se gases de concentrações conhecidas, contidos em cilindros, e o ar externo.

Cada amostra de alimento oferecido, sobras e fezes foram descongeladas sob temperatura ambiente, procedendo-se então o processo de pré-secagem a 55°C por 72 horas. Após a moagem das amostras em moinho estacionário a 5,0 mm, procedeu-se a homogeneização das mesmas para confecção das amostras compostas, que foram moidas utilizando peneira de 1,0 mm, e estocadas à temperatura ambiente em frascos de polietileno com tampa. As amostras compostas de alimento oferecido, sobras e fezes foram analisadas em triplicatas.

Foram determinados os valores de matéria seca em estufa a 105°C (Detmann *et al.*, 2012) e energia bruta (EB) por combustão em bomba calorimétrica adiabática modelo PARR 2081 (Detmann *et al.*, 2012). As amostras de urina dos animais alimentados foram analisadas para determinação de energia bruta e nitrogênio total. As amostras de urina dos animais em jejum foram analisadas para determinação do teor de nitrogênio total pelo método de Kjeldahl (Detmann *et al.*, 2012).

Os pesos diários das dietas oferecidas e das sobras, registrados durante o ensaio de digestibilidade aparente e os resultados das análises laboratoriais foram utilizados para o cálculo de consumo de energia bruta, digestível, metabolizável e líquida, segundo a equação:

$$\text{Consumo} = [(\text{kgOF} * \% \text{OF})/100] - [(\text{kgSO} * \% \text{SO})/100]$$

Em que:

kgOF = quantidade de dieta oferecida, em kg de MS;

%OF = concentração de energia na dieta oferecida, em % da MS;

kgSO = quantidade de sobras retiradas, em kg de MS;  
%SO = concentração de energia nas sobras, em % da MS.

Para o procedimento de calorimetria indireta, foi utilizada a metodologia descrita por Rodriguez et al. (2007), sendo o cálculo da produção de calor realizado de acordo com a equação de Brouwer (1965):

$$H \text{ (kj)} = 16,18 * O_2 \text{ (L)} + 5,02 * CO_2 \text{ (L)} - 5,99 * N_u \text{ (g)} - 2,17 * CH_4 \text{ (L)}$$

Em que:

H = produção de calor;  
N<sub>u</sub> = nitrogênio urinário.

Para a transformação dos dados em calorias, utilizou-se como referência o valor de 1 joule correspondente a 0,239 calorias.

O quociente respiratório (QR) foi calculado como a razão entre CO<sub>2</sub> produzido (L) e O<sub>2</sub> consumido (L):

$$QR = \frac{CO_2 \text{ (L) produzido}}{O_2 \text{ (L) consumido}}$$

Os valores de energia digestível (ED) foram obtidos a partir da diferença entre a EB dos alimentos, das sobras no cocho e das fezes.

Os valores de energia metabolizável (EM) foram determinados a partir da diferença entre energia digestível e perdas de energia sob a forma de metano e urina.

Para o cálculo da energia perdida na forma de metano, considerou-se o valor de 13,334 kcal/g e densidade de 0,7143 g/litro.

Dos valores de produção de calor e trocas gasosas, observadas para o animal alimentado, foram descontados os valores observados para o mesmo animal em jejum, para o cálculo do incremento calórico (IC):

$$IC = Hal - Hj$$

Em que:

IC = incremento calórico;  
Hal = produção de calor pelo animal alimentado;  
Hj = produção de calor pelo animal em jejum.

Os valores de energia líquida (EL) foram obtidos a partir da diferença entre energia metabolizável e perdas de energia como incremento calórico.

Para a determinação da eficiência dos coeficientes de digestibilidade aparente da energia bruta (DAEB) foram utilizados os dados de consumo e produção fecal, conforme metodologia utilizada por Maynard et al. (1984), segundo a equação:

$$DAEB = \frac{(OF - SO - FZ) * 100}{OF - SO}$$

Em que:

OF = (quantidade de alimento oferecido, em kg de MS) \* (teor de EB na dieta oferecida, em % da MS);  
SO = (quantidade de sobras retiradas, em kg de MS) \* (teor de EB das sobras, em % da MS);  
FZ = (quantidade de fezes retiradas, em kg de MS) \* (teor de EB das fezes, em % da MS).

O valor de metabolizabilidade da energia bruta (q<sub>m</sub>) foi obtido a partir da seguinte fórmula, de acordo com AFRC (1993):

$$q_m = \frac{CEM * 100}{CEB}$$

Em que:

CEM = Consumo de energia metabolizável (kcal/dia);  
CEB = Consumo de energia bruta (kcal/dia).

O valor de eficiência de utilização de energia metabolizável (k<sub>m</sub>) foi obtido a partir da seguinte fórmula, de acordo com AFRC (1993):

$$K_m = \frac{EL * 100}{EM}$$

Em que:

EL = Teor de energia líquida (kcal/kg de MS);  
EM = Teor de energia metabolizável (kcal/kg de MS).

O delineamento experimental utilizado para a avaliação estatística das variáveis citadas acima foi inteiramente casualizado, sendo três tratamentos e seis repetições. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando-se o pacote estatístico SAEG (Euclides, 2005) e as médias comparadas pelo teste Student Newman Keuls (SNK) ao nível de 5% de probabilidade (P<0,05).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se que os teores de matéria seca (MS) dos fenos aumentaram com o avanço da idade de corte do capim *Andropogon gayanus* (Tabela 1). Resultado semelhante a este foi verificado por Moreira et al (2013) trabalhando com feno de capim *Andropogon* colhido em quatro diferentes idades (56, 84, 112 e 140 dias), sendo o valor mínimo observado para o feno colhido aos 56 dias com 91,3% de MS e o valor máximo para o feno colhido aos 140 dias com valor de 92,3% de MS. Segundo Drumond et al. (2007) fenos são produzidos a partir de forragens verdes desidratadas com umidade inferior a 20%, o que permite que sejam armazenados, desde que adequadamente, sem deterioração de seus princípios nutritivos, fato este evidenciado neste trabalho.

Com o avançar do estágio de maturidade da forrageira, foram observados diminuição do teor de proteína bruta (PB) nos fenos produzidos (Tabela 1). Observou-se que somente os fenos das plantas cortadas nos intervalos de 56 e 85 dias apresentaram concentrações superiores a 6%, o qual segundo Bohnert et al. (2011)

é a concentração mínima para manutenção adequada da microbiota ruminal.

Os valores de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) obtidos para o feno de *A. gayanus* nas diferentes idades sofreram aumento com o avanço da idade de corte. Considerando-se que a fração NIDA não é degradada pelas bactérias ruminais bem como não fornece aminoácidos pós-ruminalmente e alta percentagem da fração NIDN escapa da degradação no rúmen (Maurício *et al.*, 2003), o teor de proteína bruta da forragem passa a ser mais limitante com o avanço da idade de corte já que parte da proteína torna-se pouco disponível ou indisponível aos microrganismos ruminais e ao animal.

A fibra em detergente neutro (FDN) e a fibra em detergente ácido (FDA) aumentaram com a idade de corte do *Andropogon* na confecção dos fenos. Como o FDN segundo Jung & Allen (1995) está relacionado ao consumo voluntário e o FDA está relacionado a alterações na digestibilidade, provavelmente os fenos do *A. gayanus* colhidos nas idades mais avançadas serão menos consumidos e degradados.

Os teores de FDN e de FDA observados nas idades de 56, 84 e 112 dias foram numericamente próximos ao observado por Moreira *et al* (2013) que trabalhando com o capim *Andropogon* nessas mesmas idades, encontrou valores de 72,9; 74,3, 73,9% e 42,4; 44,9, 44,6% respectivamente.

A concentração de lignina (LIG) aumentou nos fenos

produzidos com *A. gayanus* com o avançar da idade de colheita. Como a LIG afeta a digestibilidade dos componentes da parede celular e esse efeito é mais pronunciado com o avançar da idade das forrageiras (Wilson & Hatfield, 1997), provavelmente os fenos produzidos com a forragem colhida nos estádios mais avançados serão menos degradados. Os teores de LIG encontrados foram superiores àqueles observados por Ribeiro Júnior *et al* (2015) que trabalhando com silagens de capim *A. gayanus* nas mesmas idades deste trabalho encontrou valores variando de 3,6 a 4,5% (Tabela 2).

Segundo o AFRC (1993) o consumo de matéria seca deve ser parcialmente limitado seguindo as condições de manutenção, pois os teores das diferentes partições de energia (digestível, metabolizável, líquida) variam em função do nível de alimentação.

Ramirez (2011) e Velasco (2011) encontraram valores para o CMS próximos aos deste trabalho (Tabela 2), variando de 57,6 a 65,6 g/UTM e de 67,73 a 74,79 g/UTM, respectivamente. Essa semelhança pode estar relacionada aos teores de lignina e valores de digestibilidade da matéria seca próximas entre essas gramíneas, proporcionando um período de retenção ruminal e consumo de matéria seca semelhante.

Os valores dos consumos de energia bruta (CEB) em kcal por kg de unidade de tamanho metabólico (kcal/UTM) não apresentaram diferença ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos, e os valores oscilaram de 275,08 a 265,30 kcal/UTM/dia (Tabela 2).

Tabela 1. Valor nutritivo do feno de capim *Andropogon gayanus* colhido em diferentes idades de crescimento. <sup>1</sup>Nitrogênio insolúvel em detergente neutro; <sup>2</sup> Nitrogênio insolúvel em detergente ácido.

	Idade (dias)		
	56	84	112
Matéria seca (%)	81,69	85,67	87,55
Proteína Bruta (%MS)	7,27	6,12	4,71
Fibra em detergente neutro (%MS)	71,10	73,62	75,54
Fibra em detergente ácido (%MS)	42,15	43,32	45,61
Lignina (%MS)	5,25	6,08	6,23
NIDN <sup>1</sup> (%N total)	30,40	41,12	42,12
NIDA <sup>2</sup> (%N total)	17,01	20,18	24,70

Tabela 2. Valores médios diários de consumo de matéria seca (CMS) g/UTM/dia, consumo de energia bruta (CEB), de energia digestível (CED), de energia metabolizável (CEM) e de energia líquida (CEL) em kcal por kg de unidade de tamanho metabólico (kcal/UTM), expressos na base da matéria seca dos fenos do capim *A. gayanus* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento. CV - coeficiente de variação em porcentagem. Médias seguidas por letras minúsculas distintas na mesma linha diferem estatisticamente entre si pelo teste SNK ( $P<0,05$ ).

Parâmetros	Idade de Corte			CV
	56 dias	84 dias	112 dias	
CMS	66,70	66,10	69,60	10,45
CEB	271,30	265,30	275,08	15,76
CED	164,83 <sup>a</sup>	148,38 <sup>b</sup>	151,57 <sup>b</sup>	14,80
CEM	142,06	134,82	132,08	15,62
CEL	109,70	98,68	96,47	20,06

Resultados semelhantes a estes foram encontrados por Ramirez (2011) que trabalhou com feno de *Brachiaria decumbens* colhido aos 56, 84 e 112 dias de idade, não encontrando diferenças ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos quanto ao CEB, onde o valor médio foi de 266,50 kcal/UTM/dia, valor este inferior, porém próximo ao encontrado no atual trabalho (270,56 kcal/UTM/dia). Estudando o capim *Brachiaria decumbens* verde cortado com 56, 84 e 112 dias de idade, Velasco (2011), também não encontrou diferença ( $P>0,05$ ) nos CEB para os três tratamentos, sendo a média de 291,81 kcal/UTM/dia, sendo esta superior a encontrada em nosso trabalho. O consumo de energia bruta é resultado do consumo de matéria seca e do teor de energia bruta presente no material, onde existe uma correlação positiva entre estes fatores.

Os fenos cuja forragem foi colhida aos 56 dias, resultaram em maior ( $P<0,05$ ) consumo de energia digestível (CED) em relação aos materiais colhidos aos 84 e 112 dias de idades. O valor médio de consumo de energia digestível observado para a silagem de capim *A. gayanus* nas mesmas idades do presente trabalho foi de 121,53 kcal/UTM/dia (Ribeiro Júnior et al, 2015). Valor este inferior à média de CED encontrada neste trabalho (154,92 kcal/UTM/dia).

Ao comparar os resultados de consumo de energia metabolizável encontrados no presente trabalho com os relatados na literatura, deve ser enfatizado que a maioria dos estudos utiliza a fórmula de Blaxter e Clapperton (1965) para o cálculo das perdas energéticas na forma de metano, a partir dos valores de digestibilidade aparente da EB. Já neste experimento, a emissão de metano foi mensurada em câmara respirométrica de circuito aberto, como descrito anteriormente.

Os valores dos consumos de energia metabolizável (CEM) em kcal por kg de unidade de tamanho metabólico (kcal/UTM) não apresentaram diferença ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos.

Teixeira et al. (2015) apresentaram valores para CEM para ovinos alimentados com capim *Panicum maximum* variando 119,4 a 121,77 kcal/UTM/dia. Gonçalves et al. (2011) encontraram valores para CEM variando de 91,45 a 108,33 kcal/UTM/dia, para ovinos alimentados com silagens de capim *Andropogon gayanus*. Castro et al (2007), avaliando as silagens de capim Tanzânia em diferentes idades de corte observou CEM entre 106,0 e 132,0 kcal/UTM/dia, sendo todos estes valores inferiores aos observados neste trabalho.

Em relação aos valores do CEL não houve diferença significativa com o avançar da idade de corte, variando de 94,7 a 109,47 Kcal/UTM, com o valor médio de 99,95 ( $P>0,05$ ). Foi observado maior consumo de energia líquida para os fenos obtidos nas idades mais jovens. Este fato pode estar relacionado à relação inadequada entre fontes de energia e proteína com tempos de degradação semelhantes, pois verificou-se que para os fenos colhidos mais novos houve maiores teores de nitrogênio excretados na urina ( $P<0,05$ ), e é sabido que a metabolização do nitrogênio proporciona perdas de energia na forma de calor.

Segundo Machado et al (2015), à medida que as perdas de energia durante o processo digestivo dos nutrientes do alimento vão sendo consideradas, a quantidade de energia disponível passa a depender

não apenas da quantidade total consumida, mas também da eficiência do fluxo de energia no animal.

Os valores de perda diária de energia nas fezes em kcal/UTM não apresentaram diferenças entre os tratamentos ( $P>0,05$ ), sendo o valor médio de 115,94 kcal/UTM (Tabela 3). No entanto, quanto às perdas energéticas fecais, observadas em porcentagem da energia bruta consumida, o tratamento com feno colhido aos 56 dias apresentou menor valor ( $P<0,05$ ) com 39,28%, em comparação aos tratamentos com fenos colhidos aos 84 e 112 dias, com 44,44 e 45,97% respectivamente.

Ramirez (2011) avaliando feno de *Brachiaria decumbens* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento, observou que as perdas energéticas fecais, expressas em porcentagem da energia bruta consumida, para o feno colhido aos 112 dias apresentou maior valor ( $P<0,05$ ), 54,1%, diferentemente dos fenos colhidos com as plantas aos 56 e 84 dias, os quais foram semelhantes entre si ( $P>0,05$ ), com os respectivos valores de 44,1 e 46,0%.

Ribeiro Junior et al. (2011) relataram valores médios de perdas energéticas nas fezes de 50,6% em relação à energia bruta ingerida de ovinos alimentados com silagens de *Andropogon gayanus*, valor este superior ao do atual trabalho (42,93%). Velasco (2011), estudando o capim *Brachiaria decumbens* verde cortado com 56, 84 e 112 dias de idade, encontrou menores ( $P<0,05$ ) perdas diárias de energia nas fezes na forrageira mais jovem (56 dias) em relação às demais, sendo encontrado o valor médio de 34,00% da energia bruta consumida, sendo este inferior ao valor médio obtido neste trabalho.

De acordo com Van Soest (1994), perdas fecais menores estão associadas com altas concentrações de carboidratos não fibrosos, como açúcares e amido, e maiores perdas fecais estão associadas com a presença de grandes quantidades de carboidratos fibrosos, como celulose, hemiceluloses e fenóis como as ligninas. Tabela 3

Avaliando as perdas diárias de energia pela urina em kcal/UTM e como porcentagem da energia bruta ingerida, observou-se que não houve diferença ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos estudados. Os valores médios das perdas diárias de energia pela urina foram de 6,47 kcal/UTM e de 2,40% da EB, demonstrando que não houve influência do avanço do estágio de maturação sobre esses parâmetros. As perdas de energia pela urina nunca devem superar 5% do valor energético da dieta consumida pelos animais (Blaxter e Clapperton, 1965), fato este evidenciado em nosso trabalho.

Faria Júnior (2012) encontrou perdas de energia na forma de urina semelhantes às deste experimento, com valores médios de 7,07 Kcal/UTM/dia. Essa perda de energia encontrada por este autor pode estar relacionada ao consumo de fontes de nitrogênio mais solúveis, levando à maior liberação de nitrogênio urinário pelos ovinos ao consumirem as silagens de Tifton 85 produzidas a partir das diferentes idades de corte.

Já Velasco (2011) encontrou valores de perdas de energia na forma de urina por ovinos ao consumirem *Brachiaria decumbens* verde aos 84 e 112 dias de 1,85 e 1,50 Kcal/UTM/dia, respectivamente. Esses valores

são menores que os deste experimento, podendo estar relacionados às menores excreções de nitrogênio urinário, decorrentes principalmente do menor consumo de proteína bruta da *Brachiaria decumbens* verde.

Para as perdas de energia na forma de incremento calórico, foram observados valores entre 25,18 a 48,22 Kcal/UTM, para o capim *Brachiaria decumbens* cortado aos 112 e 56 dias respectivamente, o que corresponde a 10,71% a 14,84% da energia bruta consumida. Não houve diferença estatística ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos avaliados, porém os coeficientes de variação dos parâmetros avaliados podem ser considerados elevados (CV = 38,60% e 39,25% em Kcal por kg de unidade de tamanho metabólico e como porcentagem da energia bruta ingerida respectivamente), o que pode ter influenciado no resultado da análise estatística.

O incremento calórico corresponde ao aumento da produção de calor decorrente do consumo do alimento (Machado et al, 2015). O aumento do consumo e da digestibilidade do alimento pode elevar os valores de incremento calórico. A maior capacidade de degradação da parede celular em plantas mais novas podem resultar no aumento da perda de energia na forma de incremento calórico em relação a energia bruta ingerida se comparada a plantas mais velhas.

Avaliando o capim *Brachiaria decumbens* verde cortado em três diferentes idades, (Velasco, 2011), não encontrou diferença ( $P>0,05$ ) nas perdas diárias de energia através do incremento calórico entre os tratamentos. Ribeiro Junior et al. (2011) avaliando a silagem de capim *Andropogon gayanus* observaram valores médios da perda de energia na forma de incremento calórico de 19,41 kcal/UTM, o que corresponde a 8,06% da energia bruta ingerida, sendo estes resultados inferiores aos encontrados neste estudo. Já Machado (2010) relatou perdas de energia na forma de incremento calórico próximas às deste experimento, variando de 19,34 Kcal/UTM/dia a 41,70 Kcal/UTM/dia. Ramirez (2011) encontrou maior perda na forma de incremento calórico (IC) para os ovinos que consumiram o feno produzido a partir da idade de corte de 56 dias (47,7 Kcal/UTM/dia), sendo este o menor estágio vegetativo avaliado por este autor.

As frações fibrosas são substratos para as bactérias fibrolíticas, as quais produzem grande quantidade de acetato que acaba por gerar um excedente de íons de hidrogênio no ambiente ruminal. Estes íons são incorporados a um átomo de carbono pelas *Archaea* metanogênicas, gerando assim o gás metano através do gasto de energia. Por isso quanto maior a produção de metano por unidade de produto animal, menor será a eficiência de utilização da energia proveniente da dieta. Ribeiro Junior et al. (2011) relataram valores de perda energética na forma de metano de 3,1% a 3,6% da energia bruta ingerida, em ovinos alimentados com silagem de capim *Andropogon gayanus*. Já Velasco (2011), estudando o capim *Brachiaria decumbens* verde cortado em três diferentes idades, encontrou valores de perda energética na forma de metano variando de 4,06 a 6,20% da energia bruta ingerida, valores que são inferiores aos encontrados neste experimento.

O valor médio de perda de energia na forma de metano foi superior aos valores médios encontrados por Ramirez (2011) e Faria Júnior (2012), sendo de 16,03 e 12,95 Kcal/UTM/dia, respectivamente. Segundo Owens e Goetsch (1988) dietas que possuem grande participação de volumosos podem representar perdas energéticas que variam de 6 a 18%, sendo que as perdas encontradas neste experimento corresponderam a 7,24% em relação à energia bruta consumida.

No atual estudo, avaliando-se as perdas energéticas a partir da energia bruta consumida, pode-se dizer que, a produção fecal representou a principal perda de energia (39,28 a 45,07%), seguida pelo incremento calórico (9,23% a 18,23%), pela emissão de metano entérico (7,15% a 7,40%) e pela urina (1,83% a 2,92%). Isto evidencia a importância em fornecer dietas mais digestivas e com menor incremento calórico para que possamos ter melhor aproveitamento energético do alimento pelo animal.

Observou-se valor médio de energia bruta de 4,05 Mcal/kg de matéria seca para os três tratamentos avaliados (Tabela 4). Valadares et al. (2006) apresentaram valores de energia bruta do capim *Brachiaria decumbens* de 4,68 Mcal/kg de MS e do

Tabela 3. Valores médios de perda diária de energia nas fezes, na urina, no metano e na forma de incremento calórico em kcal por kg de unidade de tamanho metabólico (kcal/UTM) e como porcentagem da energia bruta ingerida (%EB) dos fenos do capim *A. gayanus* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento. CV - coeficiente de variação em porcentagem. Médias seguidas por letras minúsculas distintas na mesma linha diferem estatisticamente entre si pelo teste SNK ( $P<0,05$ ).

Parâmetros	Idade de Corte			CV
	56 dias	84 dias	112 dias	
Fezes (kcal/UTM)	106,43	117,04	124,37	18,20
Fezes (% EB)	39,28 <sup>a</sup>	44,44 <sup>b</sup>	45,07 <sup>b</sup>	7,57
Urina (kcal/UTM)	6,64	7,47	5,30	40,79
Urina (% EB)	2,45	2,82	1,93	36,47
Metano (kcal/UTM)	20,25	18,97	19,57	23,33
Metano (% EB)	7,40	7,15	7,19	15,12
Incremento calórico (kcal/UTM)	47,84	48,22	25,18	38,60
Incremento calórico (% EB)	17,88	18,23	9,23	39,25

capim *Brachiaria brizantha* de 3,86 Mcal/kg de MS. Teixeira et al (2015) relataram valor médio de energia bruta de 4,03 Mcal/kg para o capim elefante verde. Já Gonçalves et al. (2011), estudando os valores de energia das silagens de capim *Andropogon gayanus* em diferentes idades, encontraram valor médio de energia bruta de 4,45 Mcal/kg de MS. Segundo Lawrence e Fowler (2002), a combustão completa em bomba calorimétrica das frações fibrosas de uma forrageira é capaz de gerar em torno de 4,2 Mcal/kg de MS, valor este próximo à média encontrada neste experimento. Tabela 4

O feno colhido aos 56 dias de crescimento apresentou teores de energia digestível e energia metabolizável superiores às demais idades ( $P < 0,05$ ), que foram semelhantes ( $P > 0,05$ ) entre si. Socorro e Rodrigiez (1984) relataram em seu trabalho valores de conteúdo de energia digestível do feno de *Brachiaria decumbens* de 1,93 Mcal/kg de MS para o corte aos 90 dias e de 1,62 Mcal/kg de MS para o corte aos 134 dias. Gonçalves et al. (2011) relataram valores de energia digestível das silagens de capim *Andropogon gayanus* variando de 2,63 a 1,93 Mcal/kg de MS.

Teixeira et al. (2015) relataram valores de consumo de energia digestível de 2,93 Mcal/kg de MS para silagem de capim *Brachiaria brizantha* cortada os 56 dias de idade, valores estes superiores à média de 2,31 Mcal/kg de MS encontrada no presente trabalho.

Não houve diferença ( $P < 0,05$ ) nos valores de energia líquida entre os três fenos avaliados. Os valores de energia líquida variaram de 1,40 a 1,17 Mcal/Kg de MS consumida, com um valor médio de 1,26 Mcal/Kg de MS consumida (Tabela 4). A semelhança dos teores de energia líquida dos fenos provavelmente deva - se ao tipo de fermentação ruminal realizada por estes, uma vez que, materiais deste tipo apresentam poucos componentes rapidamente fermentáveis no rúmen. Dessa forma, a energia fornecida pelos fenos deve ser oriunda principalmente da fermentação dos constituintes estruturais das plantas, como a celulose e as hemiceluloses.

Os valores de energia líquida foram baixos em relação aos encontrados na literatura, como no trabalho de Velasco (2011) que relatou um valor médio de EL de 1,74 Mcal/kg de MS para o capim *Brachiaria decumbens* na forma verde. Assim como Gonçalves et al. (2011) que encontraram valores de energia líquida da silagem de capim *Andropogon gayanus* cortado aos 56 dias de 1,93 Mcal/kg de MS. Faria Júnior (2012)

encontrou um comportamento linear significativo com o avançar da idade de corte com os valores variando de 0,96 a 1,71 Mcal/Kg de MS consumida.

A energia líquida do alimento ou dieta é a parte da energia metabolizável do alimento utilizada para as necessidades de manutenção e produção, levando em consideração a energia despendida a partir da produção de calor oriunda do metabolismo (AFRC, 1993), sendo estes altamente correlacionados com o incremento calórico como evidenciado por Faria Júnior (2012) trabalhando com silagens de Tifton 85. O incremento calórico é representado principalmente pelas perdas de energia na forma de calor oriundas do processo de digestão das diferentes frações do alimento consumido, sendo que maiores incrementos calóricos estão associados aos menores teores de energia líquida do alimento, fato este evidenciado em nosso trabalho.

Em relação à DAEB os valores variaram de 60,83 a 55,03%, com o valor médio de 56,35% (Tabela 5). A digestibilidade aparente da energia bruta (DAEB) obtida para o feno colhido aos 56 dias de crescimento, 60,83%, foi superior ( $p > 0,05$ ) aos demais fenos colhidos aos 84 e 112 dias de crescimento, 55,66 e 55,03% respectivamente, que foram semelhantes entre si ( $p > 0,05$ ) (Tabela 5).

Velasco (2009) trabalhando com a *B. decumbens* verde encontrou valores de DAEB superiores aos determinados neste trabalho, de 65,9, 61,6 e 56,8%, para as idades de 56, 84 e 112 dias. Machado et al (2015) relatou valores variando de 48 a 57,96%, sendo que esta autora não verificou efeito do estágio de maturação sobre este parâmetro. Ramirez (2011) encontrou para o feno de *Brachiaria decumbens* obtido aos 112 dias de rebrote valor de DAEB inferior (45,8%) aos deste experimento. Faria Júnior (2012) encontrou valor médio de 48,68% para a DAEB, sendo este valor inferior ao deste experimento, e como Machado et al (2015) não verificou efeito da idade de corte sobre a DAEB. Essas diferenças podem estar relacionadas à espécie forrageira avaliada, a forma de utilização da forrageira (verde, feno ou silagem), às diferentes condições ambientais e às idades de corte. Tabela 5

Já para os coeficientes de metabolizabilidade ( $q_m$ ) houve uma variação de 0,52 a 0,47, com valor médio de 0,49 (Tabela 5). Maiores valores de  $q_m$  indicam maior proporção de energia metabolizável em relação à energia bruta consumida, obtendo um maior valor energético para o alimento consumido.

Tabela 4. Valores médios de energia bruta (EB), de energia digestível (ED), de energia metabolizável (EM) e de energia líquida (EL) em Mcal por kg de matéria seca consumida (Mcal/kg de MS) dos fenos de *A. gayanus* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento. CV - coeficiente de variação em porcentagem. Médias seguidas por letras minúsculas distintas na mesma linha diferem estatisticamente entre si pelo teste SNK ( $P < 0,05$ ).

Parâmetros	Idade de Corte			CV
	56 dias	84 dias	112 dias	
EB	4,07	4,03	4,04	4,32
ED	2,47 <sup>a</sup>	2,24 <sup>b</sup>	2,22 <sup>b</sup>	9,20
EM	2,12 <sup>a</sup>	1,90 <sup>b</sup>	1,94 <sup>b</sup>	9,33
EL	1,40	1,22	1,17	19,03



Tabela 5. Valores médios de digestibilidade aparente da energia bruta (DAEB) em porcentagem, metabolizabilidade da energia bruta ( $q_m$ ), eficiência de uso da energia metabolizável para manutenção ( $K_m$ ) e razão entre a energia líquida e a energia bruta (EL/EB) em porcentagem dos fenos de *Andropogon gayanus* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento. CV - coeficiente de variação em porcentagem. Médias seguidas por letras minúsculas distintas na mesma linha diferem estatisticamente entre si pelo teste SNK ( $P < 0,05$ ).

Parâmetros	Idade de Corte			CV
	56 dias	84 dias	112 dias	
DAEB (%)	60,83 <sup>a</sup>	55,66 <sup>b</sup>	55,03 <sup>b</sup>	11,20
$q_m$ (%)	0,52	0,47	0,48	15,13
$K_m$ (%)	0,66	0,59	0,80	20,46
EL/EB (%)	34,53	30,27	38,91	31,46

Trabalhos como os de Teixeira et al (2015) e Faria Júnior (2012) apontam que o  $q_m$  destes experimentos apresentaram alta correlação com o balanço energético, digestibilidade aparente da energia bruta (DAEB), energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM), indicando – o como um parâmetro eficiente para avaliar o valor nutricional dos diferentes tipos de alimentos, sofrendo influência das perdas de energia nas fezes, urina e metano.

Machado et al (2015) encontraram valores de  $q_m$  variando de 0,53 a 0,78, sendo estes valores superiores aos deste trabalho. Já Faria Júnior (2012) encontrou valor médio de  $q_m$  inferior (0,42) ao deste trabalho, não verificando também efeito da idade de corte sobre este parâmetro. Castro et al (2007) verificaram redução dos valores de  $q_m$  com o avançar do estágio vegetativo. Diferentes valores de  $q_m$  estão associados aos diferentes teores de energia bruta no alimento e das proporções de perdas de energia na urina e na forma de metano, que podem ser influenciados pela idade de corte das diferentes forrageiras.

Para os parâmetros relacionados aos teores de energia líquida do alimento, houve uma variação de 0,59 a 0,80 e 30,2 a 38,9%, respectivamente para o  $K_m$  e EL/EB%. Ramirez (2011) encontrou valores médios de  $K_m$  e de EL/EB% de 0,72 e 32,87%, respectivamente, sendo estes valores próximos aos deste trabalho, não verificando efeito da idade de corte sobre este parâmetros. Já Velasco (2011) encontrou valores para *Brachiaria decumbens* verde superiores (0,77 e 42,51%) aos deste trabalho. Os diferentes valores de  $K_m$  e EL/EB representam o quanto a energia de uma forrageira consumida pode ser utilizada para as atividades de manutenção e produção, sendo esses influenciados diretamente pelas perdas de energia na forma de incremento calórico.

De acordo com Machado et al (2015), a relação entre energia líquida e energia bruta (EL/EB%), reflete a eficiência de todo o fluxo de energia no animal, desde a ingestão do alimento, o qual apresenta determinada quantidade de energia disponível nos seus nutrientes, até a quantidade de energia que realmente estará disponível, após os processos de digestão, absorção e metabolismo desses nutrientes, para o animal se manter vivo e realizar suas funções produtivas e atividades físicas.

A produção de metano em L/UTM foi maior para os carneiros alimentados com feno colhido aos 56 dias

( $p < 0,05$ ) quando comparado com os alimentados com fenos de 84 dias, que, por sua vez, foi maior que a produção obtida pelos animais alimentados com fenos de 112 dias de idade ( $p < 0,05$ ) (Tabela 6).

Castro et al (2007) relataram redução da produção de  $CH_4$  com o avançar da idade de corte, encontrando valores de 0,79 L/UTM por ovinos que consumiram silagem obtida aos 63 dias e 0,72 L/UTM por ovinos que consumiram silagem obtida aos 107 dias, sendo estes valores inferiores aos deste experimento. Já Ramirez (2011) e Velasco (2011) encontraram valores para a produção de  $CH_4$  próximos aos deste experimento, variando de 1,30 a 2,10 L/UTM/dia e 1,22 a 1,97 L/UTM, respectivamente. A variação da produção de metano entre esses experimentos pode estar relacionada aos diferentes níveis de consumo entre às forrageiras e às diferentes degradabilidades ruminais das frações fibrosas.

Quando se analisa a produção de gás carbônico em L/UTM observa-se que os carneiros alimentados com feno colhido aos 56 e 84 dias apresentaram maiores valores ( $p < 0,05$ ), quando comparado aos alimentados com feno colhido aos 112 dias de crescimento.

De acordo com Beauchemim et al (2008) maiores produções de  $CO_2$  e  $CH_4$  refletem maior desprendimento de energia que não será aproveitado durante o metabolismo animal.

Ramirez (2011) relatou valores de produção de  $CO_2$  inferiores aos deste experimento, variando de 18,3 a 22,8 L/dia. Já Faria Júnior (2012) ao avaliar silagens de Tifton 85 em diferentes idades de corte relatou que não encontrou influência da idade de corte sobre as produções de  $CO_2$  e  $CH_4$  sendo que os valores médios apresentados (21,36, 1,29 L/UTM/dia, respectivamente) são inferiores aos encontrados em nosso trabalho.

Segundo Johnson et al (2003) são vários os fatores que contribuem para a emissão de  $CH_4$  proveniente da fermentação ruminal, dependendo principalmente do tipo de animal, nível de consumo de alimentos, tipo de carboidratos presentes na dieta, estágio de desenvolvimento da forrageira, tamanho de partícula, processamento da forragem, adição de lipídeos no rúmen, suprimento de minerais, manipulação da microflora ruminal e da digestibilidade dos alimentos.

Para o consumo de oxigênio, em L/UTM, observa – se que os carneiros alimentados com fenos de 56 e 84 dias, apresentaram maiores valores ( $p < 0,05$ ) quando comparados aos alimentados com feno colhido aos 112 dias de crescimento (Tabela 6).

Valores de O<sub>2</sub> consumido próximos ao deste trabalho foram encontrados por Machado et al (2015) que relataram valores variando de 20,78 a 28,74 L/UTM, e por Velasco (2011) e Ramirez (2011) que encontraram valores, variando de 19,72 a 22,99 L/UTM e 19,7 a 23,0 L/UTM, respectivamente.

Teixeira et al. (2015) avaliando ovinos alimentados com capim elefante cortado em diferentes idades, observaram valores de consumo de oxigênio e produção de dióxido de carbono de 21,80 e 21,38 L/UTM respectivamente, estando estes inferiores aos encontrados neste trabalho. Valores superiores a este trabalho foram encontrados por Machado et al (2015) que avaliando um híbrido de sorgo obteve consumos de oxigênio de 35,8 L/UTM.

A produção de calor diária pelos ovinos não variou (P>0,05) entre os tratamentos, apresentando como valor médio de 131,03 kcal/UTM. Faria Júnior (2012) não verificou influência da idade de corte sobre a produção de calor, encontrando valor médio de 109,05 Kcal/UTM/dia, sendo este valor inferior ao encontrado neste trabalho. Já Ramirez (2011) encontrou valores também inferiores às deste trabalho variando de 95,0 a 114,1 Kcal/UTM/dia. As produções totais de calor estão correlacionadas às mensurações das produções de CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>, consumo de O<sub>2</sub> e as perdas de nitrogênio urinário (Chwalibog, 2004). A produção de calor é resultante principalmente dos processos de fermentação dos nutrientes no rúmen e seus metabolismos no organismo animal, além da movimentação da digesta no trato gastrointestinal. Quanto maior este calor, menor é a eficiência de uso do alimento.

O QR está diretamente relacionado aos teores de CO<sub>2</sub> produzidos e O<sub>2</sub> consumidos, sendo que os valores variaram de 0,97 a 1,00 (Tabela 6). Faria Júnior (2012) relatou valores para os QR semelhantes aos deste trabalho, variando de 0,95 a 1,04. Esses coeficientes respiratórios próximos a 1,0 indicam que o organismo animal esta metabolizando carboidratos, ocorrendo uma menor necessidade de O<sub>2</sub> durante as reações metabólicas. No entanto, são necessários mais trabalhos para verificar o metabolismo oxidativo dos ruminantes, visto que a maior fonte de energia metabolizável são os ácidos graxos voláteis e não os carboidratos dietéticos. Segundo Kleiber (1972) os coeficientes respiratórios de carboidratos, proteína e gorduras são 1,0; 0,8 e 0,7, respectivamente. Já Machado et al (2015) encontraram para as silagens de sorgo valores de QR variando de 0,88 a 0,97, sendo que segundo esta autora os valores mais baixos podem caracterizar mobilização de reserva corporal, visto que os animais apresentaram balanço energético negativo. Velasco (2011) e Ramirez (2011) encontraram valores de QR variando de 0,92 a 1,05 e 0,90 a 1,0, respectivamente, caracterizando também a metabolização de carboidratos.

A produção diária em litros, em gramas e em gramas por quilo de matéria seca consumida de metano pelos ovinos alimentados com feno, não variou (P>0,05) entre os três tratamentos avaliados (Tabela 7). As produções médias de metano foram de 26,73 L/dia, 21,33 g/dia e 23,84 g/kg de MS por dia para os três tratamentos (56, 84 e 112 dias) avaliados. Ribeiro Junior et al. (2011) relataram valores diários para produção de metano de 14,27 L/dia para dietas contendo silagem de capim *Andropogon gayanus* com diferentes graus de maturidade.

Tabela 6. Consumo diário de oxigênio (O<sub>2</sub>), produção diária de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e de metano (CH<sub>4</sub>), em litros por kg de unidade de tamanho metabólico (L/UTM) em kcal por kg de unidade de tamanho metabólico (kcal/UTM), produção diária de calor (PC) em kcal por kg de unidade de tamanho metabólico (kcal/UTM) e quociente respiratório (QR) dos fenos de *A. gayanus* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento. CV - coeficiente de variação em porcentagem. Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na mesma linha diferem estatisticamente entre si pelo teste SNK (P<0,05).

Parâmetros	Idade de Corte			CV
	56 dias	84 dias	112 dias	
O <sub>2</sub>	27,22 <sup>a</sup>	27,61 <sup>a</sup>	24,15 <sup>b</sup>	10,52
CO <sub>2</sub>	26,16 <sup>a</sup>	27,47 <sup>a</sup>	24,10 <sup>b</sup>	10,11
CH <sub>4</sub>	1,76 <sup>a</sup>	1,57 <sup>b</sup>	1,49 <sup>c</sup>	13,43
PC	134,43	137,6	121,07	12,3
QR	0,97	0,99	1,00	7,02

Tabela 7. Valores médios de produção de metano em litros por dia (L/dia), em gramas por dia (g/dia) e em gramas por kg de matéria seca ingerida (g/kg de MS) por ovinos alimentados com feno de *A. gayanus* colhido aos 56, 84 e 112 dias de crescimento. CV - coeficiente de variação em porcentagem. Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na mesma linha diferem estatisticamente entre si pelo teste SNK (P<0,05).

Parâmetros	Idade de Corte			CV
	56 dias	84 dias	112 dias	
CH <sub>4</sub> (L/dia)	29,92	27,45	22,83	13,50
CH <sub>4</sub> (g/dia)	24,67	22,05	17,27	11,75
CH <sub>4</sub> (g/kg de MS)	26,72	24,74	20,06	15,01

Em se tratando da produção de metano, tem-se que uma dieta com valores de fibras mais elevados geralmente resulta em maior fermentação pelas bactérias fibrolíticas produzindo como subproduto de seu metabolismo principalmente o ácido acético e butírico, os quais geram grande excedente de íons de hidrogênio. Estes íons de hidrogênio são então capturados pelas *Archaea* metanogênicas, sendo associados a uma molécula de carbono, o que resulta na produção do gás metano. Sendo assim, o fato dos valores médios de FDN e de FDA terem sido próximos entre os três tratamentos (Tabela 2), explica a semelhança nos resultados encontrados para a produção de metano pelos animais.

Chandramoni *et al.* (2000) avaliaram a produção de metano em ovinos alimentados com dieta contendo 92% de volumoso (feno de aveia) e 8% de concentrado, encontraram uma produção média de 14,8 L/dia e 10,6 g/dia, valores estes abaixo dos encontrados na média dos três tratamentos. De acordo com Moss e Givens (1993), o tipo de volumoso e o uso de concentrados pode influenciar de forma substancial a produção de metano.

Molano *et al.* (2003) avaliando a produção de metano em ovinos consumindo azevém sendo duas dietas diferentes, uma de baixa (62,55%) e outra de alta (75,35%) digestibilidade, encontraram produção média de 21,35 g/dia e 23,65 g/kg de MS para a dieta de baixa digestibilidade e 25,40 g/dia e 22,93 g/kg de MS para a dieta de alta digestibilidade. Observou-se que os valores de produção diária de metano em gramas e em gramas por kg de matéria seca ingerida, tanto na dieta de baixa quanto na de alta digestibilidade, foram próximos das médias encontradas nos três tratamentos avaliados neste experimento.

## CONCLUSÕES

A idade de colheita dos fenos consumidos por ovinos não influenciou na produção de metano e consumo de energia líquida.

## REFERÊNCIAS

**Agricultural and food research council – AFRC.** 1993. Energy and protein requirements of ruminants. Wallingford: CAB International, 1:159.

**Beauchemin, K. A., D. Colombatto, D. P. Morgavi & W. Z. Yang** 2008. Use of exogenous fibrolytic enzymes to improve feed utilization by ruminants. *Journal of Animal*. 87: 37– 47.

**Blaxter, K.L. & J.L. Clapperton.** 1965. Prediction of the amount of methane produced by ruminants. *British Journal Nutrition*, 19(4):511-522.

**Bohnert, D. W., T. Delcurto, A. A. Clark, M. L. Merrill, S. J. Falck & D. L. Hamon.** 2011. Protein supplementation of ruminants consuming low-quality cool- or warm-season forage: differences in intake and digestibility. *Journal Animal Science*.

**Brouwer, E.** 1965. Report of Sub-Committee on Constants and Factors. Proc 3rd Symp. On Energy Metabolism, EAAP Publ. 11:441-443.

**Castro, G.H.F., G. D.S. Gonçalves, L.C. Mauricio, R.M. Rodriguez, N.M. Borges & T.R. Tomich.** 2007. Cinética de degradação e fermentação ruminal da *Brachiaria brizantha* cv. *marandu* colhida em diferentes idades ao corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 59(6):1538-1544.

**Chandramoni, M., S.B. Jadhao & C.M. Tiwari** 2000. Energy metabolism with particular reference to methane production in Muzaffarnagari sheep fed rations varying in roughage to concentrate ratio. *Animal Feed Science and Technology*. 83:287-300.

**Chwalibog, A.** 2004. Physiological basis of heat production – The fire of life. *Research School of Nutrition and Physiology*, 1:23.

**Detmann, E., M.A. Souza & S.C. Valadares Filho.** 2012. Métodos para análise de alimentos. Visconde do Rio Branco: Universidade Federal de Viçosa, 1:214.

**Deramus, H.A., T.C. Clement, D.D. Giampola & P.C. Dickison.** 2003. Methane emissions of beef cattle on forages: efficiency of grazing management systems. *Journal of Environmental Quality*, 32:269-277.

**Drumond, M.A., M.L.C. Salviano & N.B. Cavalcanti.** 2007. Produção e distribuição da biomassa e composição bromatológica da parte aérea de faveleira. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 2(4): 308-310.

**Euclides, R.F.** 2005. Sistema para análises estatísticas (SAEG 9.0). Viçosa: Funarbe.

**Eun, J. S., V. Fellner & M. L. Gumpertz.** 2004. Methane production by mixed ruminal cultures incubated in dual-flow fermenters. *Journal of Dairy Science*, Champaign, 87:112-121.

**Faria Júnior, W.G.** 2012. Valor nutricional de silagens do capim-Tifton 85 em diferentes idades. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 1:199.

**Gonçalves, L.C., D.G. Jayme & G. O. Ribeiro Júnior.** 2011. Consumo voluntário e digestibilidade aparente em ovinos da energia das silagens de capim *Andropogon gayanus* em três idades de corte. In: XXI Congresso Brasileiro de Zootecnia, Maceió: ZOOTEC. Anais XXI Congresso Brasileiro de Zootecnia. 1:157-75.

**Johnson, D.E., C.L. Ferrell & T. G. Jenkins.** 2003. The history of energetic efficiency research: Where have we been and where are we? *Journal of Animal Science*. 81:27-38.

**Jung, H.J.G. & M.S. Allen.** 1995. Characteristics of plant cell wall affecting intake and digestibility of forages by ruminants. *Journal Animal Science*, 73: 2774-2790.

**Kleiber, M., A. H. Smith, N. P. Ralston & A. L. Black.** 1972. Radiophosphorus (P32) as tracer for measuring endogenous phosphorus in cow's feces. *Journal of Nutrition*, Bethesda, v. 45, p. 253-263,

**Lawrence, T.L.J. & V.R. Fowler.** 2002. Growth of Farm Animals. 2nd Edn., CABI Publishing, Oxon, UK., 1:347.

**Machado, F. S.** 2010. Digestibilidade, partição de energia e produção de metano em ovinos alimentados com silagens de híbridos de sorgo em diferentes estádios de maturação. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 1:110.

**Machado, F.S., N.M. Rodriguez, L.C. Gonçalves, J.A.S. Rodrigues, M.N. Ribas, F.P. Pôssas, D.G. Jayme, L.G.R. Pereira, A.V. Chaves & T.R. Tomich.**

2015. Energy partitioning and methane emission by sheep fed sorghum silages at different maturation stages. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia (Online), 67:790-800.
- Maurício, R.M., L.G.L. Pereira & L.C. Gonçalves.** 2003. Relação entre pressão e volume para a implantação da técnica in vitro semi-automática de produção de gases na avaliação de forrageiras tropicais. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, 55(2): 216-219.
- Maynard, L.A., B.S. Loosli & H.F. Hintz.** 1984. Nutrição animal. 3 ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1:726.
- Molano, G., T. Renard & H. Clark.** 2003. The effect of level of feeding and forage quality on methane emissions by wether lambs. Proceeding of the 2nd Joint Australia and New Zealand Forum on Non-CO2 Greenhouse Gas Emissions from Agriculture (Ed. R. Eckard and B. Slattery). Cooperative Research Centre for Greenhouse Gas Accounting, Canberra, Australia. 1:14.
- Moreira, G. R., E. O. S. Saliba, L. C. Gonçalves, R. M. Maurício, L. F. Sousa, N. M. Rodriguez & A. M. Q. Lana.** 2013. Avaliação nutricional de fenos produzidos com *Andropogon gayanus* cv. Planaltina. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, 65: 865-873.
- Moss, A.R. & R. Givens.** 1993. Effect of supplement type and grass silage: concentrate ratio on methane production by sheep. British Society of Animal Production, 1:52.
- Owens, F.N. & A.L. Goetsch.** 1988. Ruminant fermentation In: Church, D.C. (Ed.) The ruminant animal physiology and nutrition. Englewood cliffs. O & Books Inc., 1:146-171.
- Ramirez, M.A.** 2011. Valor nutricional do feno de *Brachiaria decumbens* em três idades. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 1:138.
- Ribeiro Junior, G. O., F. O. Velasco, W.G. Faria Junior, A. M. Teixeira, F. S. Machado, F. A. Magalhães, D. G. Jayme & L. C. Gonçalves.** 2014. Cinética de degradação in situ das silagens de capim *Andropogon gayanus* produzidas em três idades de corte. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, 66:1883-1890.
- Rodriguez, N.M., W.E. Campos & M.L. Lachica.** 2007. A calorimetry system for metabolism trials. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, 59(2): 495-500.
- Socorro, E. P. & N. M. Rodriguez** 1984. Digestibilidade aparente e Partição da Digestão de Fenos de *Brachiaria decumbens*, Stapf.. Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia, Belo Horizonte - MG, 36(6):745-750.
- Teixeira, A. M., L. C. Gonçalves, F. O. Velasco, G. O. Ribeiro Junior, W. G. Faria Junior, D. S. G. Cruz & D. G. Jayme.** 2015. Respirometria e emissão de metano por ovinos alimentados com Capim-elefante cortado com diferentes idades. Bioscience Journal (Online), 31:841-849.
- Valadares Filho, S.C., D.S. Pina & M.L. Chizzotti.** 2006. Degradação ruminal da proteína dos alimentos e síntese de proteína microbiana. In: Valadares Filho, S.C.; Paulino, P.V.R; Magalhães, K.A. (Eds.) Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos BR-Corte. Viçosa, MG: Suprema Gráfica, 1:142.
- Van Soest, P.J.** 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2.ed. Ithaca, New York: Cornell University Press. 1:476.
- Velasco, F.O.** 2009. Consumo e digestibilidade aparente da *Brachiaria decumbens* verde em três idades de corte. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 1:24.
- Velasco, F.O.** 2011. Consumo e digestibilidade aparente da *Brachiaria decumbens* verde em três idades de corte. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 1:24.
- Wilson, J.R. & R.D. Hatfield.** 1997. Structural and chemical changes of cell wall types during stem development: consequences for fibre degradation by rumen microflora. Australian Journal of Agricultural Research, 48:165-180.