



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS  
VETERINÁRIAS NO SEMIÁRIDO**

Aynoanne Leandro Barbosa

**EMISSÃO DE METANO ENTÉRICO E DESEMPENHO  
PRODUTIVO DE CAPRINOS CONFINADOS  
ALIMENTADOS COM DIFERENTES PROPORÇÕES DE  
VOLUMOSO**

Petrolina - PE  
2016

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS  
VETERINÁRIAS NO SEMIÁRIDO**

Aynoanne Leandro Barbosa

**EMISSÃO DE METANO ENTÉRICO E DESEMPENHO  
PRODUTIVO DE CAPRINOS CONFINADOS  
RECEBENDO DIFERENTES PROPORÇÕES DE  
VOLUMOSO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, Campus de Ciências Agrárias, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências Veterinárias no Semiárido.

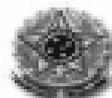
Orientador: Prof. Dr. Tadeu Vinhas Voltolini  
Co-orientador: Prof. Dr. Daniel Ribeiro Menezes

Petrolina - PE  
2016

## FICHA CATALOGRÁFICA

	Barbosa, Aynoanne Leandro
XXXX	Emissão de metano entérico e desempenho produtivo de caprinos confinados alimentados com diferentes proporções de volumoso / Aynoanne Leandro Barbosa. -- Petrolina, PE, 2016.
	58 f.: il.
	Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias no Semiárido) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus de Ciências Agrárias, PE, 2016.
	Orientador: Prof. Dr. Tadeu Vinha Voltolini.
	1. Metano ruminal. 2. Gases de efeito estufa. 3. Caprinocultura. I. Título. II. Universidade Federal do Vale do São Francisco.
	CDD xxx.xxxx

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Integrado de Biblioteca  
SIBI/UNIVASF  
Bibliotecária: XXXXXXXXXXXXXXXX



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO  
COMITÊ DE ÉTICA E DEONTOLOGIA EM ESTUDOS E PESQUISAS - CEDEP  
COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS- CEUA

## CERTIFICADO

Certificamos que o projeto intitulado "Parâmetros sanguíneos de caprinos submetidos a modificações na relação volumoso concentrado.", Protocolo nº 0009/140415, que utilizam 40 animais da espécie *Capra hircus*, sob a responsabilidade de Daniel Ribeiro Menezes, estando de acordo com os princípios éticos de experimentação animal do Comitê de Ética e Deontologia em Estudos e Pesquisas da Universidade Federal do Vale do São Francisco.

Certify that the project entitled "Blood parameters of goats undergoing changes in concentrate roughage.", protocol number 0009/140415, utilizing 40 animals species *Capra hircus*, under the responsibility Daniel Ribeiro Menezes, being in accordance with the ethical principles of animal experimentation adopted by Committee of Ethics and Deontology Studies and Research at the Federal University of Vale do São Francisco.

Petrolina, 19 de Maio de 2015.

Andrea Vieira Colombo – Coordenadora

Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA

Comitê de Ética e Deontologia em Estudos e Pesquisas - CEDEP

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS  
VETERINÁRIAS NO SEMIÁRIDO**

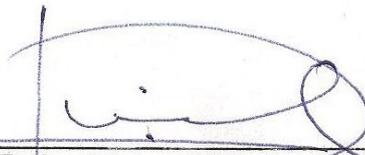
**FOLHA DE APROVAÇÃO**

Aynoanne Leandro Barbosa

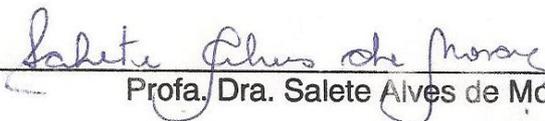
**EMIÇÃO DE METANO ENTÉRICO E DESEMPENHO  
PRODUTIVO DE CAPRINOS CONFINADOS  
ALIMENTADOS COM DIFERENTES PROPORÇÕES DE  
VOLUMOSO NA RAÇÃO**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Veterinárias no Semiárido, pela Universidade Federal do Vale do São Francisco.

Aprovado em: \_\_\_\_ de \_\_\_\_ de \_\_\_\_



Prof. Dr. Tadeu Vinhas Voltolini – EMBRAPA



Profa. Dra. Salette Alves de Moraes – EMBRAPA



Prof. Dr. Thadeu Mariniello Silva – UFBA

**À minha família, em especial  
aos meus filhos Marina e Ian.  
Dedico com muito amor.**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, que sempre esteve comigo, me fortalecendo e sustentando nos momentos difíceis.

Aos meus filhos Marina e Ian, por serem a minha maior alegria. Mamãe ama infinito!

À aquele que me é complementar, e me ensina a cada dia ser melhor... Leandro te amo!

Aos meus pais Vera e Pedro e irmã Ayanne pela força e incentivo.

À minha voinha querida (D. Dobe) pelo amor ofertado e ensinamentos de vida.

Ao meu companheiro de experimento, Júlio César. Amigo, seria tudo muito mais difícil sem o seu apoio. Serei eternamente grata por tudo que fez por mim... Te desejo todo sucesso do mundo.

Aos meus amigos Fábio Marcelo e Andresca que estiveram sempre me apoiando e tornando tudo mais fácil e tranquilo.

Aos meus amigos do GECAL, Lazão, Hermesson, Matheus, Thaila, Carina, Flávia, Dani e Mica, pela ajuda e troca de conhecimentos.

Aos meus orientadores: Daniel Ribeiro, pelo apoio e conhecimento transmitido desde sempre, muitas vezes sendo até “psicólogo” nos meus momentos de insegurança e dificuldade (que não foram poucos... rrsrs). O senhor é responsável por grande parte do meu crescimento profissional e pessoal. E Tadeu Voltolini, pela paciência e por acreditar que eu seria capaz de desempenhar esse trabalho. Foi muito bom conhecer e trabalhar com o senhor.

À FACEPE pela concessão da bolsa de estudos.

A todos que fazem parte do Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias no Semiárido.

Aos animais.

À Embrapa Semiárido.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram ou torceram pela concretização deste trabalho.

Muito obrigada!!!

## RESUMO

A emissão de metano proveniente dos ruminantes é um importante contribuinte para o total de emissões antropogênicas globais de gases de efeito estufa e tornaram-se foco de atividades de pesquisa, já que é possível reduzir a produção desse gás através da modificação da fermentação ruminal. Assim, objetivou-se com este estudo avaliar o consumo e a digestibilidade da MS e nutrientes e o desempenho produtivo de caprinos confinados alimentados com rações contendo diferentes proporções de volumoso/concentrado, bem como quantificar a emissão de CH<sub>4</sub> ruminal desses animais. Foram utilizados 40 caprinos (13,3 Kg ± 4,7) de genótipos locais que receberam cinco dietas com diferentes proporções de volumoso/concentrado (100:00, 80:20, 60:40, 40:60 e 20:80) com base na MS por 72 dias. As dietas foram constituídas de feno de Tifton 85, como fonte volumosa, milho em grão moído e farelo de soja, como alimentos concentrados. Para o ensaio de digestibilidade os animais foram alocados em gaiolas metabólicas por 3 dias. A determinação do metano entérico foi realizada através da técnica do traçador SF<sub>6</sub> em 10 animais (2/ tratamento) por 5 dias consecutivos. Os dados coletados foram submetidos a análise de variância seguida de regressão por meio do Statistical Analyses System – SAS (1999). Observou-se efeito linear positivo dos níveis de concentrado sobre o desempenho produtivo dos animais. Os consumos de MS, MO, PB e EE apresentaram aumento linear à medida que elevou-se a inclusão de concentrado. Os coeficientes de digestibilidade da MS, MO e da FDN assim como o NDT aumentaram linearmente com o incremento de concentrado, no entanto, a digestibilidade da PB não foi influenciada. A emissão de metano entérico foi reduzida linearmente com a inclusão de concentrado na dieta para os parâmetros: g/Kg PV e  $PV^{0,75}$ , g/Kg MSI e g/Kg FDNI. Já a emissão de metano em g/dia e em Kg/ano, apresentou efeito quadrático, com ponto mínimo aproximado em 54% de inclusão e valores mínimos de emissão de 10,5 g/dia e 3,7 Kg/ano. Logo, o aumento na proporção de concentrado nas dietas de caprinos em confinamento melhorou o desempenho produtivo, o consumo, a digestibilidade da matéria seca e reduziu a emissão de metano entérico.

**Palavras-chave:** caprinocultura; concentrado; gases de efeito estufa; hexafluoreto de enxofre; metano ruminal; ruminantes.

## ABSTRACT

The emission of methane from ruminants is an important contributor to the total global anthropogenic emissions of greenhouse gases. It became the focus of this research, since it is possible to reduce greenhouse gases emission by modifying the ruminal fermentation. Thus, the aim of this study was to evaluate intake, dry matter and nutrients digestibility, performance, and to quantify enteric methane emission from feedlot goats fed diet with different ratio of forage and concentrate. Forty local genotype goats ( $13.3 \pm 4.7$  kg) were fed by five different ratio of forage and concentrate (100:00, 80:20, 60:40, 40:60 and 20:80) in DM basis for 72 days. The forage were composed by Tifton 85 hay, while the concentrate was mixed of ground corn and soybean meal. The digestibility was measured by metabolic cages for 3 days. The determination of enteric methane was performed using the SF<sub>6</sub> tracer technique in 10 animals (2 animals for each treatment) during 5 consecutive days. Data were subjected to analysis of variance followed by regression through Statistical Analysis System (SAS, 1999). There was a positive linear effect of concentrate levels on performance of the animals. The DM, OM, CP and EE showed a linear increase as the inclusion of concentrate rose. The digestibility of DM, OM and NDF, as TDN positively correlated with concentrated, however, the CP digestibility was not affected. The production of enteric methane was reduced linearly with the inclusion of concentrate in the diet for the parameters: g/kg BW and  $BW^{0.75}$ , g/kg DM intake and g/kg NDF intake. The result of methane emissions in g/day and kg/year showed a quadratic effect with minimum point approximately 54% of inclusion. The minimum methane emission was 10.5 g/day and 3.7 kg/year. Therefore, increase the proportion of concentrate in feedlot goats diets improved performance, intake, and dry matter digestibility and reduced enteric methane emissions.

**Keywords:** goat; concentrate; greenhouse gases; sulfur hexafluoride; ruminal methane; ruminants.

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1:** Percentual de emissões de CH<sub>4</sub> dos subsetores para o setor Agropecuária..... pág. 23

**Figura 2.** Representação esquemática de processos ruminais, com destaque para a fermentação microbiana (setas grossas) do alimento ingerido em ácidos graxos voláteis e de hidrogênio e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>)..... pág. 25

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 –** Composição bromatológica dos ingredientes da dieta  
.....  
41
- Tabela 2 –** Composição percentual e química das dietas com diferentes relações volumoso/concentrado.  
.....  
41
- Tabela 3 –** Peso inicial (PI), peso final (PF), ganho de peso total (GPT), ganho de peso médio diário (GPMD), eficiência produtiva (EP) e conversão alimentar (CA) de caprinos de genótipos local, recebendo dietas com diferentes relações concentrado/volumoso.  
.....  
44
- Tabela 4 –** Consumos médios diários de matéria seca e nutrientes em dietas com diferentes relações volumoso/concentrado por caprinos.  
.....  
44
- Tabela 5 –** Coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca e nutrientes em dietas com diferentes relações volumoso/concentrado.  
.....  
45
- Tabela 6 –** Média da emissão de metano por dia, por ano, por quilo de peso vivo, por quilo de peso metabólico, por quilo de matéria seca ingerida e fibra em detergente ingerida em caprinos de genótipos local, recebendo dietas com diferentes relações concentrado/volumoso.  
.....  
45

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIMBOLOS

SF <sub>6</sub>	Hexafluoreto de enxofre
CH <sub>4</sub>	Metano
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
N <sub>2</sub> O	Óxido nitroso
AGCC	Ácido graxo de cadeia curta
CE	Carboidratos estruturais
CF	Carboidratos fibrosos
CNE	Carboidratos não estruturais
CNF	Carboidratos não fibrosos
C2	Ácido acético
C3	Ácido propiônico
C4	Ácido butírico
H	Hidrogênio
GEE	Gases de efeito estufa
Kg	Quilogramas
Tg	Teragramas
H <sub>2</sub> O	Água
CA	Conversão alimentar
EP	Eficiência produtiva
PI	Peso inicial
PF	Peso final
GPT	Ganho de peso total

PV	Peso vivo
PV <sup>0,75</sup>	Peso metabólico
MS	Matéria seca
MO	Matéria orgânica
MM	Matéria mineral
PB	Proteína bruta
HEM	Hemicelulose
FDN	Fibra em detergente neutro
FDA	Fibra em detergente ácido
EE	Extrato etéreo
NDT	Nutrientes digestíveis totais
CD	Coefficiente de Digestibilidade aparente
CMS	Consumo de matéria seca
CMM	Consumo de matéria mineral
CMO	Consumo de matéria orgânica
CPB	Consumo de proteína bruta
CEE	Consumo de extrato etéreo
CFDN	Consumo de fibra em detergente neutro
CFDA	Consumo de fibra em detergente ácido
CDMS	Coefficiente de digestibilidade da matéria seca
CDMO	Coefficiente de digestibilidade da matéria orgânica
CDPB	Coefficiente de digestibilidade da proteína bruta
CDFDN	Coefficiente de digestibilidade da fibra em detergente neutro
MSI	Matéria seca ingerida
FDNI	Fibra em detergente neutro ingerida

%	Porcentagem
°C	Graus Célsius
pH	Concentração Hidrogeniônica
±	Mais ou menos
mm	Milímetro
h	Hora
Psi	Medida de pressão
<	Menor

## SUMÁRIO

	Página
Introdução geral .....	14
Referências Bibliográficas.....	16
<b>Capítulo 1: Revisão de Literatura</b> .....	<b>18</b>
1.1. A caprinocultura no Semiárido do Brasil.....	19
1.2. Ambiente Ruminal e fermentação microbiana.....	19
1.3. Carboidratos e emissão de metano.....	20
1.4. Produção de metano ruminal.....	22
1.4.1. Metanogênese em Ruminantes.....	25
1.4.2. Abordagens nutricionais para a redução do metano.....	28
Referências.....	31
<b>Capítulo 2: Emissão de metano e desempenho produtivo de caprinos confinados recebendo diferentes proporções de volumoso</b> .....	<b>36</b>
Resumo.....	36
Abstract.....	37
2.1. Introdução.....	38
2.2. Material e métodos.....	39
2.3. Resultados e discussão.....	43
2.4. Conclusão.....	52
Referências.....	53

## INTRODUÇÃO GERAL

A caprinocultura é uma importante atividade econômica e social do Semiárido brasileiro concentrando 91,62% do rebanho caprino do país que representa 7.107.613 milhões de cabeças (IBGE, 2014), contribuindo para o fornecimento de alimentos de alto valor nutritivo, aumento da renda e inserção social.

Apesar de sua relevância, os sistemas de criação são predominantemente extensivos, gerando baixos índices zootécnicos e de rentabilidade, em que um dos motivos é a escassez de alimentos para os animais, sobretudo no período seco do ano (LOPES et al., 2012; CARTAXO et al., 2014).

A adequação dos manejos alimentar e nutricional para os rebanhos é um importante desafio para os sistemas de produção de caprinos. O uso da vegetação nativa da caatinga, de forma racional, respeitando-se as capacidades de suporte das áreas é uma opção para o período chuvoso do ano. Já, na época seca é importante que haja a utilização de reservas alimentares (LOIOLA FILHO et al., 2012).

Uma alternativa para este tipo de produção é a implementação de confinamentos estratégicos, realizados especialmente na estação seca do ano, minimizando as perdas de peso dos animais e até mesmo a morte destes pela falta de alimentos. A realização dos confinamentos está relacionada com a prática da produção e conservação de volumosos e no fornecimento de rações que sejam tecnicamente viáveis e economicamente rentáveis (MANERA et al., 2009; DE LIMA JÚNIOR et al., 2015).

A alteração na proporção volumoso:concentrado na ração de caprinos confinados proporciona mudança na concentração energética das rações, podendo afetar, o consumo, a digestibilidade dos nutrientes e o desempenho produtivo dos animais. O aumento na concentração energética das rações é principalmente relacionada com o uso de ingredientes concentrados na ração, entretanto, o aumento em concentrado reduz a concentração de fibra na dieta, podendo prejudicar as condições ruminais, o consumo e a digestibilidade dos alimentos. (ÍTAVO et al., 2002; GERON et al., 2013; DE CARVALHO et al., 2014).

De forma complementar às mudanças no sistema de produção é de grande importância também o conhecimento sobre a emissão de metano entérico dos animais, que é considerado um dos principais gases do efeito estufa (GEE) e está diretamente relacionado à eficiência da fermentação ruminal e consequente perdas de energia no animal. Ele pode ser considerado responsável por cerca de 2% a 18% da energia bruta da dieta perdida durante o processo fermentativo (PEDREIRA; PRIMAVESI, 2006; RIVERA et al., 2010; BORGES; PASCHOAL, 2012). A redução da emissão de metano pela pecuária está relacionada a melhorias nos manejos alimentares e nutricionais dos animais e também na eficiência produtiva (BERCHIELLI et al., 2012; COTTLE et al., 2011).

Nesse sentido, o conhecimento das respostas do animal quando submetido a rações com diferentes proporções de volumoso:concentrado pode contribuir para a tomada de decisão por parte dos produtores e técnicos sobre as características das dietas dos caprinos em confinamento. Além disso, a busca por sistemas de produção eficientes, que reduzam a emissão de gases de efeito estufa por unidade de produto, tem sido uma das perspectivas da pecuária mundial. As respostas produtivas de caprinos confinados assim como a emissão de metano destes animais são informações escassas, mas de grande importância para os sistemas produtivos da região semiárida brasileira, sobretudo quando se considera os genótipos de animais locais.

Posto isto, objetivou-se com este trabalho avaliar o consumo e a digestibilidade da matéria seca e nutrientes e o desempenho produtivo de caprinos confinados alimentados com rações contendo diferentes proporções de volumoso/concentrado, bem como quantificar, por meio do hexafluoreto de enxofre ( $\text{SF}_6$ ), a emissão de  $\text{CH}_4$  ruminal desses animais.

## REFERÊNCIAS

BERCHIELLI, Telma Terezinha; MESSANA, Juliana Duarte; CANESIN, Roberta Carrilho. Produção de metano entérico em pastagens tropicais. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 13, n. 4, 2012.

BORGES, L. M.; PASCHOAL, J. J. A produção e controle de gás metano na pecuária brasileira. **Cadernos de Pós-Graduação da FAZU**, v. 2, 2012.

CARTAXO, Felipe Queiroga et al. Características de carcaça de cabritos de diferentes genótipos terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 15, n. 1, 2014. COTTLE, D.J.; NOLAN, J.V.; WIEDEMANN, S.G. Ruminant enteric methane mitigation: a review. **Animal Production Science**, v.51, p.491-514, 2011.

COTTLE, D. J.; NOLAN, J. V.; WIEDEMANN, S. G. Ruminant enteric methane mitigation: a review. **Animal Production Science**, v. 51, n. 6, p. 491-514, 2011.

DE CARVALHO, Daniel Marino Guedes et al. Níveis de concentrado na dieta de ovinos: consumo, digestibilidade e parâmetros ruminais. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 5, p. 2649-2658, 2014.

DE LIMA JÚNIOR, Dorgival Morais et al. Feno de maniçoba na alimentação de caprinos Moxotó. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 3Supl1, p. 2211-2222, 2015.

GERON, Luiz Juliano Valério et al. Consumo, digestibilidade dos nutrientes e características ruminais de cordeiros alimentados com níveis crescentes de concentrado em ambiente tropical no Vale do Alto Guaporé-MT. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 5, p. 2497-2510, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. 2014. **Pesquisa Pecuária Municipal**. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pecua/default.asp?t=2&z=t&o=24&u1=1&u2=1&u3=1&u4=1&u5=1&u6=1&u7=1>>. Acesso em: 10 abr. 2016.

ÍTAVO, Luís Carlos Vinhas et al. Níveis de concentrado e proteína bruta na dieta de bovinos Nelore nas fases de recria e terminação: consumo e digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 2, p. 1033-1041, 2002.

LOIOLA FILHO, João Bosco et al. Consumo de água e desempenho produtivo de caprinos recebendo rações contendo diferentes teores de caroço de algodão em substituição a silagem de maniçoba. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 3, p. 102-109, 2012.

LOPES, Fernando B. et al. Spatialization of climate, physical and socioeconomic factors that affect the dairy goat production in Brazil and their impact on animal breeding decisions. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 32, n. 11, p. 1073-1081, 2012.

MANERA, DANIEL BONFIM et al. Desempenho produtivo e características de carcaça de cabritos alimentados com diferentes proporções de concentrado. **Revista Caatinga, Mossoró**, v. 22, n. 4, p. 240-245, 2009.

PEDREIRA, S.M; PRIMAVESI, O. Impacto da produção animal sobre o ambiente. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Eds.) **Nutrição de ruminantes**. 1.ed. Jaboticabal: Funep, 2006. p.497-511.

RIVERA, Astrid Rivera et al. Fermentação ruminal e produção de metano em bovinos alimentados com feno de capim-tifton 85 e concentrado com aditivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, p. 617-624, 2010.

## CAPÍTULO 1

### REVISÃO DE LITERATURA

#### **1.1. A caprinocultura no Semiárido brasileiro**

A produção de caprinos se destaca como atividade de grande importância cultural, social e econômica na região Nordeste do Brasil. Os principais produtos obtidos são carne, pele e leite, que originam diversos derivados após o processamento. Apesar do crescimento da demanda nos últimos anos, o consumo de carne caprina ainda é considerado baixo se comparado ao da carne bovina, suína e frango, sendo um produto que deve ser melhor explorado e desenvolvido (HASHIMOTO et al., 2007; CABRAL, 2011).

A caprinocultura de corte nesta região é realizada principalmente de forma extensiva, sobretudo por produtores de base familiar. (CARTAXO et al., 2014). Além disso, a produção de caprinos no Semiárido sofre com as frequentes secas que reduzem a disponibilidade de forragem nativa, base alimentar da maioria dos rebanhos. Durante a época chuvosa, o alimento disponível é abundante e de boa qualidade, enquanto no período seco a oferta e a qualidade das forragens são reduzidas em virtude, principalmente, da lignificação da parede celular e do decréscimo nos teores de proteína bruta nas plantas (FERREIRA *et al.*, 2009; DE LIMA JÚNIOR et al., 2015).

Segundo Ramos et al., 2010, a alimentação é considerada o principal responsável pela baixa produtividade na região semiárida e que devido ao longo período seco existe a necessidade de ações no manejo alimentar e no manejo com os animais que podem contribuir com os desempenhos e rentabilidade dos sistemas produtivos. Dentre estas ações podem ser citadas a conservação de alimentos na forma de silagem ou feno, as estratégias de suplementação e o uso do confinamento.

Para os caprinos no Semiárido, os confinamentos são pouco utilizados, mas podem se constituir em estratégias importantes para a regularização de oferta de matéria prima para as indústrias frigoríficas, padronização da qualidade dos produtos e melhoria dos índices zootécnicos do rebanho (LOIOLA FILHO et al., 2012).

Visando uma maior produtividade e eficiência econômica desse sistema de produção, é importante também levar em consideração os fatores que determinam o rendimento da fermentação ruminal e a emissão de gases de efeito estufa, pois estes interferem diretamente no aprimoramento da produção (NASCIMENTO et al., 2016).

### **1.2. Ambiente ruminal e fermentação microbiana**

O processo digestivo dos ruminantes compreende uma das relações simbióticas entre os seres vivos mais bem sucedidas da natureza. Eles têm a capacidade de utilizar grande variedade de alimentos como fonte de nutrientes, pois essa relação entre o hospedeiro e os microrganismos ruminais lhes possibilita usar eficientemente carboidratos estruturais como fonte de energia e compostos nitrogenados não protéicos como fonte de proteína (COSTA et al., 2015).

O rúmen é considerado um ecossistema microbiano diverso e único. Composto por quatro tipos de microrganismos ativos no seu interior: bactérias, protozoários, arqueias metanogênicas e fungos, sendo as bactérias constituintes de 60 a 90% da biomassa microbiana com cerca de 200 espécies (KOZLOSKI, 2002).

Visando a maximização produtiva e saúde ruminal é de suma importância manter o ambiente ruminal estabilizado e otimizado. A manutenção de uma população microbiana ruminal ativa depende de algumas características que são mantidas pelo animal hospedeiro, como o suprimento de alimento mastigado ou ruminado, remoção dos produtos da fermentação, a adição de tamponantes e nutrientes via saliva, a remoção de resíduos indigestíveis dos alimentos e a manutenção do pH entre 5,5 a 7,0 (média de 6,8), temperatura variando entre 38°C a 42°C (média de 39°C), anaerobiose, umidade ideais ao crescimento microbiano, bem como suplemento de nutrientes e contínua remoção de digesta e produtos de fermentação (LANA, 2005; PEDREIRA; PRIMAVESI, 2006).

A fermentação em ruminantes está relacionada com o desenvolvimento do rúmen e com a eficiência alimentar, influenciando diretamente a

produtividade dos animais, ela é o resultado da atividade física e microbiológica, que converte os componentes dietéticos a ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), proteína microbiana e vitaminas do complexo B e vitamina K, metano, dióxido de carbono, entre outros (OWENS; GOETSCH, 1993; LI et al., 2012). Os AGCC podem ser considerados um resíduo da fermentação para os microrganismos, entretanto para o ruminante, representam a principal fonte de energia. A energia presente nos AGCC representa em torno de 75 a 80% da energia originalmente presente nos carboidratos fermentados e, normalmente, contribuem em 50 a 70% da energia digestível do alimento (KOZLOSKI, 2002).

Os microrganismos metanogênicos são os mais sensíveis a mudanças no ambiente ruminal e são afetados por muitos fatores dietéticos. Sendo importantes utilizadores de hidrogênio, o equilíbrio de sua população afeta o metabolismo ruminal e o balanço de carbono (VALADARES FILHO; PINA, 2006).

### **1.3. Carboidratos e emissão de metano entérico**

Os carboidratos constituem entre 70 e 80% da dieta dos ruminantes e são fundamentais para o atendimento de suas exigências em energia, síntese de proteína microbiana, bem como para a manutenção da saúde animal (COSTA et al., 2015).

Esses constituintes podem ser classificados em: estruturais (CE) ou fibrosos (CF) e, não estruturais (CNE) ou não fibrosos (CNF). Os primeiros, normalmente, constituem a parede celular, representados principalmente hemicelulose e celulose; já os CNF incluem os carboidratos encontrados no conteúdo celular, correspondendo aos nutrientes rapidamente fermentados pelos microrganismos ruminais, tais como açúcares solúveis com rápida degradação (glicose, sacarose e amido), além da pectina (VAN SOEST, 1994).

Os ruminantes possuem um ecossistema diverso e sofisticado de utilização dos carboidratos fibrosos da parede celular dos vegetais, graças à relação simbiótica com a população microbiana diversificada do rúmen (CYSNEIROS et al., 2013). A fibra representa a fração dos carboidratos de digestão lenta ou indigestível do alimento que ocupa espaço no trato

gastrointestinal e, em função de sua concentração e digestibilidade, pode limitar o consumo voluntário de matéria seca, minerais e energia (COSTA et al., 2015). Em ruminantes, o papel primário da fibra vegetal é fornecer substrato para atuação dos microrganismos, que por meio da fermentação produzem ácidos graxos de cadeia curta, sendo também essenciais para estimular a mastigação e ruminação (SILVA; NEUMANN, 2012).

Os carboidratos, ao serem digeridos no rúmen, transformam-se em AGCC sendo que os principais são o acético (C2), o propiônico (C3) e o butírico (C4) e suas concentrações e proporções relativas dependem da dieta. Nesse processo também são produzidos dióxido de carbono e metano, em maior ou menor quantidade, dependendo da concentração e proporções relativas dos ácidos produzidos (LUCCI, 1997). A substituição de carboidratos fibrosos por carboidratos não fibrosos na alimentação de ruminantes resulta em significativas modificações nas condições físico-químicas e população microbiana do rúmen. O desenvolvimento de bactérias amilolíticas resulta em mudança na produção de AGCC, promovendo aumento da proporção de propionato e redução de acetato. Conseqüentemente, há queda na produção de metano devido à redução da disponibilidade de H<sub>2</sub> no rúmen (PEREIRA, 2013).

De acordo Berchielli et al. (2006), a inclusão de maiores quantidades de alimentos concentrados na alimentação de ruminantes proporciona menor ingestão de fibras e, conseqüentemente, fornece menor quantidade de substrato para as bactérias celulolíticas. Além disso, em decorrência da grande proporção de carboidratos rapidamente fermentáveis ingerida, a fermentação ruminal é direcionada para a produção de ácido propiônico, que resulta na diminuição do pH ruminal, tornando o ambiente desfavorável para as bactérias acetogênicas.

As proporções entre os AGCC no rúmen se mantêm estáveis, apesar das oscilações na população microbiana e das diferenças nos consumos de alimento, apresentando valores próximos de 65:25:10 moles de acetato:propionato:butirato para rações à base de forragens; e 50:40:10 para rações ricas em concentrado dependendo do pH. Com rações à base de concentrados é mais fácil prever as mudanças nos padrões fermentativos, porque a microflora ruminal é menos diversa do que com rações à base de

forragens (VALADARES FILHO; PINA, 2006).

Sendo assim, o uso de maiores quantidades de alimentos volumosos ou de alimentos concentrados em dietas de ruminantes, levando em conta a qualidade destes, podem representar impacto sobre a produção de metano entérico, pois influencia na fermentação ruminal, alterando a proporção dos ácidos graxos de cadeia curta produzidos no rúmen. (ARRIGONI et al., 2013).

#### **1.4. Produção de metano ruminal**

As emissões de metano pelos ruminantes contribuem significativamente para as emissões de GEE e tornaram-se foco de atividades de pesquisa, especialmente em países onde a agricultura é um setor econômico importante, como no Brasil (BORGES; PASCOAL, 2012).

Uma das principais preocupações com relação ao grande crescimento na produção pecuária nacional está relacionada aos possíveis impactos ambientais que ela pode desencadear, já que o Brasil tem sido apontado como importante produtor de carne e emissor de CH<sub>4</sub> (OLIVEIRA, 2015).

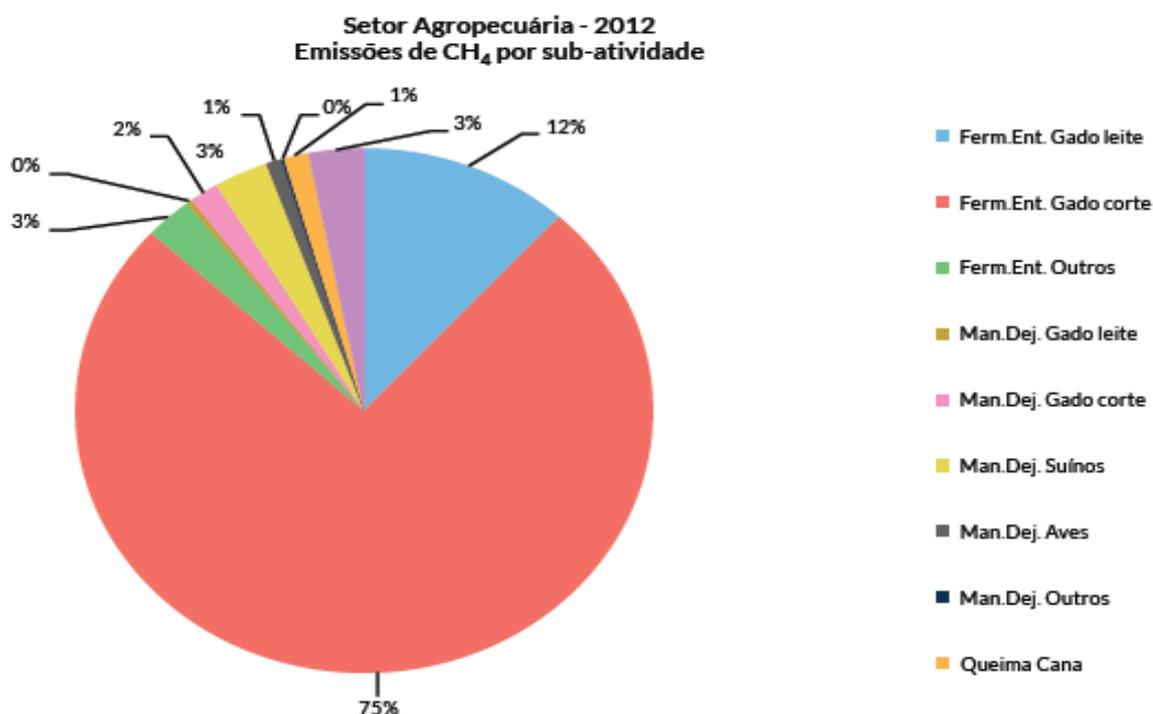
Devido a este cenário, o mais recente desafio no sistema de produção de ruminantes é desenvolver dietas e estratégias de gestão que minimizem a produção relativa de CH<sub>4</sub> (kg de CH<sub>4</sub>/kg de carne ou leite), de forma que ocorra a sustentabilidade da atividade, permitindo uma maior eficiência de produção aliada à redução no impacto negativo da produção pecuária sobre o aquecimento global (BERNDT et al., 2013).

O metano (CH<sub>4</sub>) é o segundo maior gás contribuinte para o aquecimento da terra, ficando atrás somente do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). O aumento desses gases na atmosfera está intimamente ligado à expansão mundial da população humana, visto que as principais fontes emissoras, além da fermentação entérica são os aterros sanitários, uso de combustíveis fósseis e práticas agrícolas (ZOTTI; PAULINO, 2009).

As emissões de metano dos animais ruminantes contribuem para o total de emissões antropogênicas globais de gases de efeito estufa, na forma de metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) principalmente, com tendência de aumento de emissão atrelado ao aumento da produção pecuária ([GRAINGER; BEAUCHEMIN](#), 2011; OLIVEIRA, 2015). A Índia e o Brasil lideram o ranking

mundial de emissão total de metano entérico, com 14,5 e 10,3 Tg de CH<sub>4</sub>/ ano, respectivamente. Contudo, quando é considerada apenas a emissão por bovinos, o Brasil é apontado como o maior emissor (9,6 Tg de CH<sub>4</sub>/ano), seguido da Índia (8,6 Tg de CH<sub>4</sub>/ano) e dos Estados Unidos da América (5,1 Tg de CH<sub>4</sub>/ano) (THORPE, 2009). Estima-se que na região Nordeste, que abriga a maior extensão de área com predominância do clima semiárido no Brasil, seja responsável pela emissão de 13% do CH<sub>4</sub> e 14% do N<sub>2</sub>O emitidos pelo setor brasileiro de agropecuária (MCTI, 2014).

Na Figura 1 são apresentadas as emissões de metano referentes às diferentes fontes do setor agropecuário para as emissões de CH<sub>4</sub> no ano de 2012, sendo a fermentação entérica do gado de corte a principal fonte, responsável por 75% das emissões, seguida da fermentação entérica do gado de leite, 12%. O quantitativo das populações de bovinos de corte e leite explica essa diferença de contribuição de emissões. As contribuições restantes totalizam 13% das emissões (MCTI, 2014).



**Figura 1:** Percentual de emissões de CH<sub>4</sub> dos subsetores para o setor Agropecuária. Fonte: MCTI, 2014.

De acordo com Berchielli (2012), a intensidade da emissão de metano,

proveniente da fermentação ruminal, depende principalmente do tipo de animal, do consumo de alimentos e do grau de digestibilidade da massa ingerida. Estudos realizados no Brasil (BERCHIELLE et al., 2003; PRIMAVESI et al., 2004a; RIVERA et al., 2010; LIMA, 2013; PEDREIRA et al., 2013; NASCIMENTO et al., 2016) demonstram os benefícios da melhoria da digestibilidade da dieta de ruminantes, favorecendo a ingestão alimentar e o ganho de peso diminuindo assim as emissões de CH<sub>4</sub> por unidade de produto de origem animal. Em contrapartida, a ausência de estratégias de aprimoramento de manejo, de forma geral, resulta em um fator médio de emissão de 59,5 kg CH<sub>4</sub>/animal bovino por ano (OLIVEIRA, 2015).

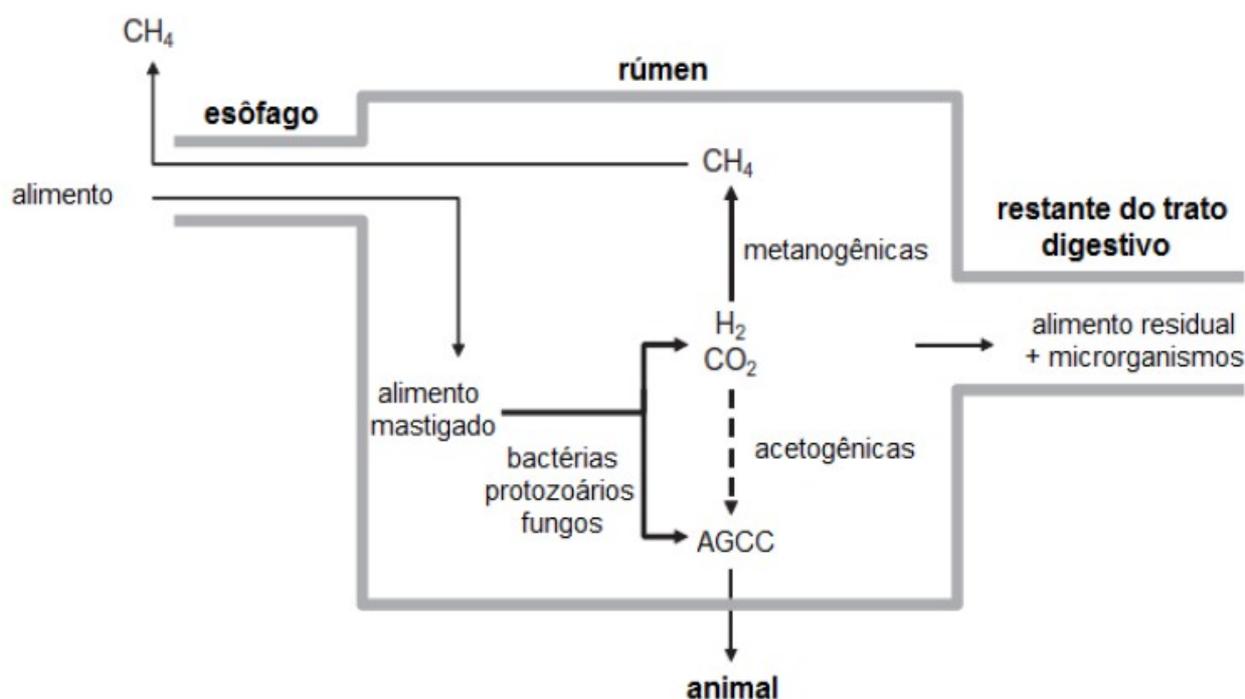
Métodos para a quantificação da produção de CH<sub>4</sub> entérico estão sendo estudados desde a década de 50, sendo as câmaras calorimétricas os primeiros sistemas descritos na literatura com esta finalidade (JOHNSON; JOHNSON, 1995). Para animais criados em regime de pastagem, esses autores desenvolveram uma técnica empregando o hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>) como gás traçador interno. Essa técnica consiste na colocação de uma cápsula de permeação, que libera o SF<sub>6</sub> a uma taxa previamente conhecida, no rúmen do animal e as amostras de CH<sub>4</sub> e SF<sub>6</sub> são coletadas nas proximidades da boca e narina do animal. Admite-se nesse método que o padrão de emissão de SF<sub>6</sub> simula o padrão de emissão de CH<sub>4</sub>, já que o fluxo de CH<sub>4</sub> liberado pelo animal é calculado em relação ao fluxo de SF<sub>6</sub> (WESTBERG et al., 1998).

Os gases são capturados e armazenados em cangas que ficam presas ao pescoço (bovinos e bubalinos) ou dorso (pequenos ruminantes) do animal. Nesse sentido, esta técnica permite que o animal fique livre para se deslocar e pastejar sem que haja interferência na coleta de gás e foi adaptada para as condições tropicais brasileiras por Primavesi et al., 2004. O teor de metano presente na amostra é quantificado através de cromatografia gasosa.

No Brasil há pouca disponibilidade de dados na literatura sobre a emissão de metano por caprinos, ao comparar-se com a quantidade de pesquisas utilizando bovinos. Já internacionalmente, os trabalhos envolvendo caprinos abrangem com maior frequência animais produtores de leite (ABECIA et al., 2012; MIRI et al., 2013, CRISCIONI; FERNÁNDEZ, 2016) ou dietas contendo taninos em sua composição (PUCHALA et al., 2005; ANIMUT et al., 2008; PUCHALA et al., 2012).

### 1.4.1 Metanogênese em ruminantes

No ambiente ruminal o metano é produzido por Arqueas metanogênicas e sua síntese é modulada principalmente pela presença de  $\text{CO}_2$  e de  $\text{H}_2$  livres no ambiente ruminal. A Figura 2 representa alguns dos processos ruminais, com destaque para a produção e utilização dos diferentes gases (BUDDLE et al., 2011).

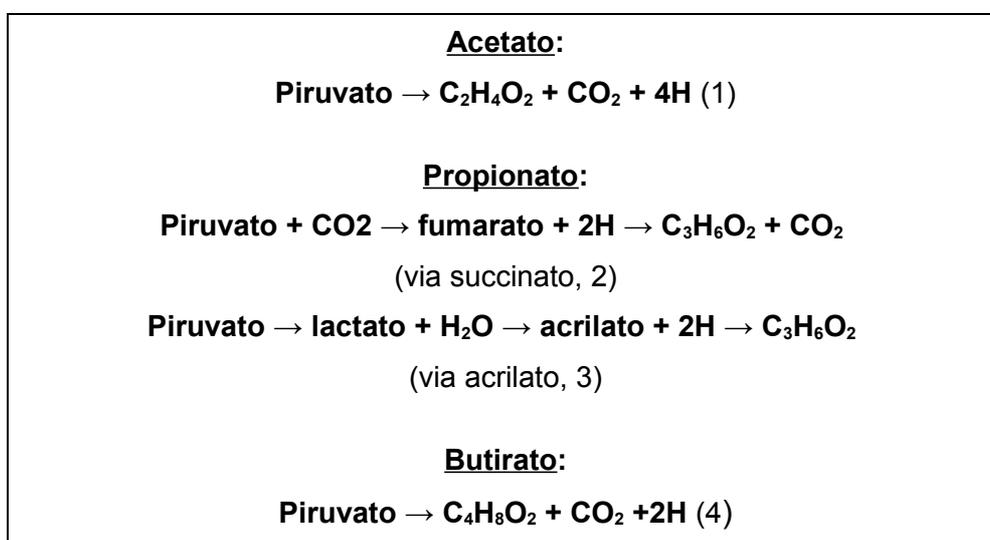


**Figura 2.** Representação esquemática de processos ruminais, com destaque para a fermentação microbiana (setas grossas) do alimento ingerido em ácidos graxos voláteis e de hidrogênio e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2$ ). Fonte: Adaptado de BUDDLE et al., 2011.

O AGCC (ácidos graxos de cadeia curta) são absorvidos através da parede do rúmen e atuam como uma importante fonte de carbono e energia para o animal ruminante. O  $\text{H}_2$  é usado por microrganismos metanogênicos para gerar metano ( $4\text{H}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ ), que é eructado pelo animal e liberado para a atmosfera. O resíduo alimentar e os microrganismos ruminais seguem pelo restante do trato digestivo (abomaso e intestinos delgado e grosso) e são ainda mais degradados posteriormente (BUDDLE et al., 2011).

Os carboidratos ingeridos pelos ruminantes são convertidos a piruvato que, posteriormente, segue as rotas metabólicas para formação de AGCC. As reações envolvidas na formação de acetato e butirato são interrelacionadas e interconectivas, se dando a partir da acetil CoA. Já a formação do propionato possui duas vias de reação, na primeira há formação de oxaloacetato e succinato, e a segunda envolve a formação de acrilato (PEDREIRA; PRIMAVESI, 2006).

Segundo VAN SOEST (1994), para a síntese de acetato (reação 1), propionato (reação 2 e 3) e butirato (reação 4) tem-se as seguintes vias:



Observando estas reações, nota-se que como resultado da produção dos AGCC (exceto o propionato) ocorre produção de hidrogênio em excesso, que precisa ser removido do rúmen para o processo de fermentação e crescimento microbiano continuar de forma eficiente. De forma geral, o hidrogênio é removido através da atividade de microrganismos metanogênicos, que reduzem o dióxido de carbono e hidrogênio a metano e água (Reação 5), estando assim a produção de metano intimamente ligada à produção inicial de hidrogênio, onde 4 moles de hidrogênio são requeridos para formação de 1 mol de metano (ZOTTI; PAULINO, 2009; MEISTER, 2013).



Nesse contexto, Nussio et al. (2011) afirmam que a quantidade de metano gerada necessária para consumir H<sub>2</sub> está relacionada com os produtos

finais obtidos mediante a fermentação dos carboidratos. Sendo esta uma relação inversamente proporcional entre o propionato produzido, já que a formação deste é uma via competitiva de utilização de  $H_2$  no rúmen, reduzindo a disponibilidade de substrato para a metanogênese. De acordo com Buddle et al. (2011), acredita-se que bactérias acetogênicas (Figura 2), que formam acetato a partir de hidrogênio ( $4H_2 + 2CO_2 \rightarrow \text{ácido acético} + H_2O$ ), podem tornar-se significativas dissipadoras de hidrogênio na ausência de metanogênicas (seta tracejada).

A proporção de AGCC no rúmen depende da alimentação do animal, sendo que rações ricas em grãos, caracterizadas por uma baixa proporção acetato:propionato, promovem maior formação do ácido propiônico desencadeando uma baixa emissão de metano, já as rações com alta proporção de alimentos volumosos, caracterizadas por uma alta proporção acetato:propionato, favorecem a produção de ácido acético e ácido butírico, que resultarão em alta emissão de metano. Desta forma, o fator primário que interfere na emissão de metano entérico é o alimento por fornecer o substrato de forma direta ou indireta às metanogênicas. Geralmente, à medida que a digestibilidade da dieta aumenta, a variabilidade na perda de metano aumenta e esta depende basicamente de dois mecanismos: quantidade de carboidratos fermentados no rúmen e suprimento de  $H_2$  disponíveis para a produção de metano (OWENS; GOETSCH, 1993; JOHNSON; JOHNSON, 1995).

No processo metabólico dos ruminantes, perde-se na forma de metano, de 2% (rações concentradas) a 18% (pastagem de má qualidade e baixa proteína bruta) da energia bruta fornecida pelos alimentos. Sendo um valor aceito como médio, em torno de 6% (PEDREIRA; PRIMAVESI, 2006; RIVERA et al., 2010).

Se por um lado, a metanogênese caracteriza uma ineficiência no processo digestivo dos ruminantes, por outro lado, se faz necessária, pois o acúmulo de  $H^+$  inibe os sistemas enzimáticos e a regulação do pH ruminal. Dessa forma, há necessidade de drenar as moléculas de  $H_2$  produzidas para um ótimo funcionamento do rúmen, e o principal meio é a produção de metano (BERCHIELLI et al., 2012).

Os ingredientes das dietas disponibilizam substratos para a fermentação microbiana, e as suas diferenças na digestibilidade e composição química

alteram a quantidade de energia extraída pelos microrganismos, bem como os padrões de AGCC e CH<sub>4</sub> produzidos. Assim sendo, o componente ou intervenção na dieta que provoque uma mudança a favor da produção de propionato será acompanhada por uma redução na produção de CH<sub>4</sub> por unidade de alimento fermentado, ao passo que o oposto acontece com a produção de acetato e butirato (KNAPP et al., 2014).

O desafio no sistema produtivo de ruminantes é desenvolver dietas e estratégias de manejo que minimizem a produção relativa de metano (metano/kg de leite, carne ou lã produzidos), possibilitando maior eficiência produtiva e redução da contribuição negativa da pecuária para o aquecimento global, ou seja, reduzir as emissões deste gás sem alterar a produção animal é desejável tanto como uma estratégia para reduzir os gases do efeito estufa (GEE), como um meio de melhorar a eficiência de conversão alimentar (MARTIN et al., 2010; PEREIRA, 2013).

#### ***1.4.2 Abordagens nutricionais para reduzir o metano entérico***

As pressões com caráter ambiental vêm indicando que a melhor forma de reduzir a emissão de CH<sub>4</sub> é através da melhoria nos sistemas de criação e manejo alimentar na pecuária de corte (MACHMULLER, 2006).

Os ruminantes representam uma das poucas fontes produtoras de CH<sub>4</sub> que podem ser manipuladas. É possível reduzir a produção desse gás melhorando a digestibilidade da dieta e a eficiência do metabolismo energético, através da modificação da fermentação ruminal. Esta pode, ser obtida com a alteração do volumoso, do tipo e da quantidade de carboidrato suplementado à dieta, pela adição de lipídios, pela manipulação da microbiota ruminal com aditivos alimentares e seleção de plantas forrageiras de alta qualidade contendo metabólitos secundários (MOHAMMED et al., 2004; SHIBATA; TERADA, 2010; RIVERA et al., 2010; BERCHIELLI et al., 2012 ).

De acordo com Pereira (2013), qualquer estratégia adotada deve ter como foco um ou mais dos objetivos listados a seguir: redução da produção de H<sub>2</sub> sem prejudicar a digestão dos alimentos; estimulação da utilização do H<sub>2</sub> por meio de vias de produção de produtos alternativos benéficos para o ruminante; inibição das Archeae metanogênicas (em número e/ou atividade), com

concomitante estímulo de vias que consomem  $H_2$  para evitar os efeitos negativos do aumento da pressão parcial de  $H_2$  no rúmen.

Argumenta-se que uma estratégia eficiente para redução entérica de  $CH_4$  em ruminantes seja a utilização de forragens de alta concentração de carboidratos solúveis, com leguminosas contendo metabólitos secundários, como taninos e/ou plantas contendo saponinas, desde que estes não afetem o consumo e a digestibilidade (LASCANO; CÁRDENAS, 2010).

Segundo Cottle et al. (2011), as indicações para reduzir as emissões de metano pela pecuária estão ligadas à melhoria da dieta, à melhoria de pastagens, à suplementação alimentar, ao aumento da capacidade produtiva dos animais e à outras medidas que refletem na melhor eficiência produtiva e resultam em ciclos de produção mais curtos.

A adição de concentrado promove redução da emissão de metano como proporção da energia ingerida ou expressa por unidade de produto animal (leite e/ou carne), particularmente quando a inclusão é acima de 40% da matéria seca da dieta e a função ruminal não é prejudicada (HRISTOV et al., 2013). Dietas com estas características são capazes de aumentar a produção de propionato, e ainda podem inibir a atividade dos microrganismos metanogênicos, das bactérias celulolíticas e dos protozoários ciliados devido à redução do pH ruminal (LIMA, 2013).

Shibata et al. (1992), trabalhando com ovinos e caprinos, concluíram que a produção de  $CH_4$  durante a alimentação com dietas contendo 30% de feno e 70% de concentrado foi significativamente mais baixa do que utilizando-se 70% de feno e 30% de concentrado, obtendo a emissão de metano de 25,4 g/kg de matéria seca ingerida nos animais alimentados com maior quantidade de concentrado na dieta. Pedreira et al. (2013), avaliaram os efeitos de dietas que continham silagem de sorgo e diferentes níveis de proporção de volumoso e concentrado sobre a produção de metano por bovinos de corte. Os autores observaram que as perdas de energia bruta ingerida como metano foram reduzidas em 33% quando a concentração de grãos foi aumentada na dieta. Desta forma, concluíram que a inclusão de concentrado na dieta aumenta a energia disponível para o metabolismo, demonstrada por menores perdas de energia bruta ingerida como metano.

Observando caprinos de raça Anglo Nubiana sob pastejo intermitente

em área de capim Tanzânia com e sem a adição de tanino condensado, Meister (2013), utilizando a metodologia do gás traçador, hexafluoreto de enxofre ( $\text{SF}_6$ ), notou o valor médio da emissão de metano de 0,88 g/peso metabólico. Já Lima (2013), utilizando 15 cabras de mesma raça e empregando o mesmo método de coleta de metano ruminal que o anterior, teve como objetivo verificar se animais que passam por dietas com diferentes níveis de volumoso e concentrado alteram o padrão de emissão de metano e seu metabolismo energético. A emissão de metano (g/dia), apresentou um comportamento quadrático sendo valores máximos encontrados para os animais que se alimentavam da dieta 50:50 (volumoso:concentrado), 18.2g/dia. E concluiu que o aumento da proporção do concentrado reduziu a emissão de metano e proporcionou um melhor aproveitamento energético da dieta pelos animais.

Dessa forma, a mitigação de  $\text{CH}_4$  entérico em ruminantes é fundada em 3 abordagens básicas: (1) seleção de ingrediente para alterar os padrões de produção de AGCC; (2) aumento da taxa de passagem, que pode alterar as populações microbianas e padrões de produção de AGCC e transferir parte da digestão para o intestino; e (3) o uso de dietas de melhor qualidade para aumentar a produção do animal, diluindo o custo associado ao  $\text{CH}_4$  com manutenção das necessidades energéticas (KNAPP et al., 2014).

Nesse contexto, Berchielli et al. (2012) afirmam que reduzir a produção de metano entérico além de reduzir a produção de gases de efeito estufa, pode ser um benefício econômico direto, pois coincide com uma maior eficiência no uso da energia do alimento pelo animal.

**REFERÊNCIAS:**

ABECIA, L. et al. Effect of bromochloromethane on methane emission, rumen fermentation pattern, milk yield, and fatty acid profile in lactating dairy goats. **Journal of Dairy Science**, v. 95, n. 4, p. 2027-2036, 2012.

ANIMUT, G. et al. Methane emission by goats consuming diets with different levels of condensed tannins from lespedeza. **Animal Feed Science and Technology**, v. 144, n. 3, p. 212-227, 2008.

ARRIGONI, Mário De Beni et al. Níveis elevados de concentrado na dieta de bovinos em confinamento. **Veterinária e Zootecnia**, v. 20, n. 4, p. 539-551, 2013.

BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G.. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: Funep. 583p, 2006.

BERCHIELLI, TELMA TERESINHA et al. Determinação da produção de metano e pH ruminal em bovinos de corte alimentados com diferentes relações volumoso: concentrado. **Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia**, v. 40, p. 21-24, 2003.

BERCHIELLI, Telma Terezinha; MESSANA, Juliana Duarte; CANESIN, Roberta Carrilho. Produção de metano entérico em pastagens tropicais. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 13, n. 4, 2012.

BERNDT, Alexandre; SOLÓRZANO, Laura Alexandra Romero; SAKAMOTO, Leandro Sannomiya. Pecuária de corte frente à emissão de gases de efeito estufa e Estratégias diretas e indiretas para mitigar a emissão de Metano. **Anais Proceedings**, p. 3, 2013.

BORGES, L. M.; PASCHOAL, J. J. A PRODUÇÃO E CONTROLE DE GÁS METANO NA PECUÁRIA BRASILEIRA. **Cadernos de Pós-Graduação da FAZU**, v. 2, 2012.

BUDDLE, Bryce M. et al. Strategies to reduce methane emissions from farmed ruminants grazing on pasture. **The Veterinary Journal**, v. 188, n. 1, p. 11-17, 2011.

CABRAL, Humberto Barbosa. Qualidade da carne de caprinos SRD e seus cruzamentos com Boer e Anglo Nubiano terminados em confinamento. 2011. 75f. Dissertação (**Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimento**) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2011.

CARTAXO, F. Q. et al. Características de carcaça de cabritos de diferentes genótipos terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 15, n. 1, 2014.

- COSTA, N. de L. et al. Considerações sobre a degradação da fibra em forragens tropicais associada com suplementos energéticos ou nitrogenados. **Arch. Zootec**, v. 64, p. 31-41, 2015.
- COTTLE, D. J.; NOLAN, J. V.; WIEDEMANN, S. G. Ruminant enteric methane mitigation: a review. **Animal Production Science**, v. 51, n. 6, p. 491-514, 2011.
- CRISCIONI, P.; FERNÁNDEZ, C. Effect of rice bran as a replacement for oat grain in energy and nitrogen balance, methane emissions, and milk performance of Murciano-Granadina goats. **Journal of dairy science**, v. 99, n. 1, p. 280-290, 2016.
- CYSNEIROS, C. S. S. et al. Produção, caracterização e avaliação de enzimas fibrolíticas na digestibilidade da forragem de milho. **Ciência Animal Brasileira**, v. 14, n. 4, p. 426-435, 2013.
- DE LIMA JÚNIOR, Dorgival Morais et al. Feno de maniçoba na alimentação de caprinos Moxotó. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 3Supl1, p. 2211-2222, 2015.
- FERREIRA, A. L. et al. Produção e valor nutritivo da parte aérea da mandioca, maniçoba e pornunça. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 10, n. 1, p. 129-136, 2009.
- GRAINGER, C.; BEAUCHEMIN, K. A. Can enteric methane emissions from ruminants be lowered without lowering their production?. **Animal feed science and technology**, v. 166, p. 308-320, 2011.
- HASHIMOTO, Juliano Hideo et al. Características de carcaça e da carne de caprinos Boer x Saanen confinados recebendo rações com casca do grão de soja em substituição ao milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 1, p. 165-173, 2007.
- HRISTOV, A. N. et al. Special topics—Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation options. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 11, p. 5045-5069, 2013.
- JOHNSON, K.A.; JOHNSON, D.E. Methane emissions from cattle. **Journal of Animal Science**, v.73, p.2483-2492, 1995.
- KNAPP, J. R. et al. Invited review: Enteric methane in dairy cattle production: Quantifying the opportunities and impact of reducing emissions. **Journal of Dairy Science**, v. 97, n. 6, p. 3231-3261, 2014.
- KOZLOSKI, G. V. **Bioquímica dos ruminantes**. Santa Maria: UFSM. 140 p, 2002.
- LANA, R.P. **Nutrição e alimentação animal**. 1. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 2005, 343p.

LASCANO, Carlos E.; CÁRDENAS, Edgar. Alternatives for methane emission mitigation in livestock systems. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 175-182, 2010.

LI, Robert W. et al. Characterization of the rumen microbiota of pre-ruminant calves using metagenomic tools. **Environmental microbiology**, v. 14, n. 1, p. 129-139, 2012.

LIMA, Ana Rebeca de Castro. Metabolismo energético e produção de metano em cabras Anglonubiano. 2013. 75f. **Dissertação (Mestrado em Zootecnia)** – Universidade Estadual Paulista – UNESP, JABOTICABAL, 2013.

LOIOLA FILHO, João Bosco et al. Consumo de água e desempenho produtivo de caprinos recebendo rações contendo diferentes teores de caroço de algodão em substituição a silagem de maniçoba. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 3, p. 102-109, 2012.

LUCCI, C. S. **Nutrição e manejo de bovinos leiteiros**. São Paulo: Manole, 1997. p.298.

MACHMÜLLER, Andrea. Medium-chain fatty acids and their potential to reduce methanogenesis in domestic ruminants. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 112, n. 2, p. 107-114, 2006.

MARTIN, Cécile; MORGAVI, D. P.; DOREAU, Michel. Methane mitigation in ruminants: from microbe to the farm scale. **Animal**, v. 4, n. 03, p. 351-365, 2010.

MCTI. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. MCTI, Brasília, 2014.

MEISTER, Naomi Cristina. Produção de metano em caprinos sob pastejo. 2013. **Tese (Doutorado em Zootecnia)** – Universidade Estadual Paulista – UNESP, JABOTICABAL, 2013.

MIRI, Vahideh Heidarian et al. Effect of cumin (*Cuminum cyminum*) seed extract on milk fatty acid profile and methane emission in lactating goat. **Small Ruminant Research**, v. 113, n. 1, p. 66-72, 2013.

MOHAMMED, Nazimuddin et al. Effects of ionophores, vitamin B 6 and distiller's grains on in vitro tryptophan biosynthesis from indolepyruvic acid, and production of other related compounds by ruminal bacteria and protozoa. **Animal feed science and technology**, v. 116, n. 3, p. 301-311, 2004.

NASCIMENTO, C. F. M. et al. Methane Emission of Cattle Fed Urochloa brizantha Hay Harvested at Different Stages. **Journal of Agricultural Science**, v. 8, n. 1, p. 163, 2016.

NUSSIO, L. G.; CAMPOS, F. P.; LIMA, M. L. M. Metabolismo de carboidratos estruturais. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Ed). **Nutrição de Ruminantes**. 2. Ed. Jaboticabal: FUNEP, 2011, p. 193-234.

OLIVEIRA, Patrícia Perondi Anção. Gases de efeito estufa em sistemas de produção animal brasileiros e a importância do balanço de carbono para a preservação ambiental (Greenhouse gases in brazilian livestock production systems and the importance of the carbon balance for environmental). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, p. 623-634, 2015.

OWENS, F. N.; Goetsch. A. L. Ruminant fermentation. in: CHURCH, D. C. (Ed.). **The ruminant animal digestive physiology and nutrition**. 5 ed. New Jersey: Englewood, Cliffs, 1993. p. 145-171.

PEDREIRA, Márcio dos Santos et al. Methane emissions and estimates of ruminal fermentation parameters in beef cattle fed different dietary concentrate levels. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 42, n. 8, p. 592-598, 2013.

PEDREIRA, S.M; PRIMAVESI, O. Impacto da produção animal sobre o ambiente. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Eds.) **Nutrição de ruminantes**. 1.ed. Jaboticabal: Funep, 2006. p.497-511.

PEREIRA, Luiz Gustavo Ribeiro. Métodos de avaliação e estratégias de mitigação de metano entérico em ruminantes. **Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias (Colombian journal of animal science and veterinary medicine)**, v. 26, p. 264-277, 2013.

PRIMAVESI, O. et al. Técnica do gás traçador SF6 para medição de campo do metano ruminal em bovinos: adaptações para o Brasil. **Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos**, 2004.

PUCHALA, R. et al. Methane emissions by goats consuming Sericea lespedeza at different feeding frequencies. **Animal feed science and technology**, v. 175, n. 1, p. 76-84, 2012.

PUCHALA, R. et al. The effect of a condensed tannin-containing forage on methane emission by goats. **Journal of Animal Science**, v. 83, n. 1, p. 182-186, 2005.

RAMOS, João Paulo Farias et al. Desempenho e estimativa do custo da produção de caprinos e ovinos terminados em confinamento. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 31, n. 2, p. 102-108, 2010.

RIVERA, Astrid Rivera et al. Fermentação ruminal e produção de metano em bovinos alimentados com feno de capim-tifton 85 e concentrado com aditivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, p. 617-624, 2010.

SHIBATA, M. Methane production in heifers, sheep and goats consuming diets of various hay-concentrate ratios. **Animal Science and Technology**, v. 63, p. 1221-1227, 1992.

SHIBATA, Masaki; TERADA, Fuminori. Factors affecting methane production and mitigation in ruminants. **Animal Science Journal**, v. 81, n. 1, p. 2-10, 2010.

SILVA, Marlon Richard Hilário da; NEUMANN, Mikael. Fibra efetiva e fibra fisicamente efetiva: conceitos e importância na nutrição de ruminantes. **FAZU em Revista**, n. 9, 2013.

THORPE, Andy. Enteric fermentation and ruminant eructation: the role (and control?) of methane in the climate change debate. **Climatic change**, v. 93, n. 3-4, p. 407-431, 2009.

VALADARES FILHO, S. C.; PINA, D. S. Fermentação ruminal." In": BERCHIELLI, TT; OLIVEIRA, SG; PIRES, AV **Nutrição de Ruminantes. Jaboticabal: FUNEP**, v. 583, p. 151-179, 2006.

VAN SOEST PJ. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2nd ed. Ithaca: Cornell University Press; 1994. p.476.

WESTBERG, H. H. et al. A SF6 tracer technique: methane measurement from ruminants. **Washington State University, Pullman, Washington**, 1998.

ZOTTI, Claiton André; PAULINO, Valdinei Tadeu. Metano na produção animal: Emissão e minimização de seu impacto. **Ecologia de Pastagens, Curso de Pósgraduação em Produção Animal Sustentável. Disponível em: <http://www.iz.sp.gov.br/pdfs/1259324182.pdf>. Acesso em, v. 10, p. 2012, 2009.**

## CAPÍTULO 2

**EMISSÃO DE METANO E DESEMPENHO PRODUTIVO DE CAPRINOS  
CONFINADOS RECEBENDO DIFERENTES PROPORÇÕES DE VOLUMOSO****RESUMO**

A emissão de metano proveniente dos ruminantes é um importante contribuinte para o total de emissões antropogênicas globais de gases de efeito estufa e tornaram-se foco de atividades de pesquisa, já que é possível reduzir a produção desse gás através da modificação da fermentação ruminal. Assim, objetivou-se com este estudo avaliar o consumo e a digestibilidade da MS e nutrientes e o desempenho produtivo de caprinos confinados alimentados com rações contendo diferentes proporções de volumoso/concentrado, bem como quantificar a emissão de CH<sub>4</sub> ruminal desses animais. Foram utilizados 40 caprinos (13,3 Kg ± 4,7) de genótipos locais que receberam cinco dietas com diferentes proporções de volumoso/concentrado (100:00, 80:20, 60:40, 40:60 e 20:80) com base na MS por 72 dias. As dietas foram constituídas de feno de Tifton 85, como fonte volumosa, milho em grão moído e farelo de soja, como alimentos concentrados. Para o ensaio de digestibilidade os animais foram alocados em gaiolas metabólicas por 3 dias. A determinação do metano entérico foi realizada através da técnica do traçador SF<sub>6</sub> em 10 animais (2/ tratamento) por 5 dias consecutivos. Os dados coletados foram submetidos a análise de variância seguida de regressão por meio do Statistical Analyses System – SAS (1999). Observou-se efeito linear positivo dos níveis de concentrado sobre o desempenho produtivo dos animais. Os consumos de MS, MO, PB e EE apresentaram aumento linear à medida que elevou-se a inclusão de concentrado. Os coeficientes de digestibilidade da MS, MO e da FDN assim como o NDT aumentaram linearmente com o incremento de concentrado, no entanto, a digestibilidade da PB não foi influenciada. A emissão de metano entérico foi reduzida linearmente com a inclusão de concentrado na dieta para os parâmetros: g/Kg PV e  $PV^{0,75}$ , g/Kg MSI e g/Kg FDNI. Já a emissão de metano em g/dia e em Kg/ano, apresentou efeito quadrático, com ponto mínimo aproximado em 54% de inclusão e valores mínimos de emissão de 10,5 g/dia e 3,7 Kg/ano. Logo, o aumento na proporção de concentrado nas dietas de caprinos em confinamento melhorou o desempenho produtivo, o consumo, a digestibilidade da matéria seca e reduziu a emissão de metano entérico.

**Palavras-chave:** caprinocultura; concentrado; gases de efeito estufa; hexafluoreto de enxofre; metano ruminal; ruminantes.

## METHANE EMISSIONS AND PRODUCTIVE PERFORMANCE OF FEEDLOT GOATS RECEIVING OF FORAGE RATIO DIFFERENT

### ABSTRACT

The emission of methane from ruminants is an important contributor to the total global anthropogenic emissions of greenhouse gases. It became the focus of this research, since it is possible to reduce greenhouse gases emission by modifying the ruminal fermentation. Thus, the aim of this study was to evaluate intake, dry matter and nutrients digestibility, performance, and to quantify enteric methane emission from feedlot goats fed diet with different ratio of forage and concentrate. Forty local genotype goats ( $13.3 \pm 4.7$  kg) were fed by five different ratio of forage and concentrate (100:00, 80:20, 60:40, 40:60 and 20:80) in DM basis for 72 days. The forage were composed by Tifton 85 hay, while the concentrate was mixed of ground corn and soybean meal. The digestibility was measured by metabolic cages for 3 days. The determination of enteric methane was performed using the SF<sub>6</sub> tracer technique in 10 animals (2 animals for each treatment) during 5 consecutive days. Data were subjected to analysis of variance followed by regression through Statistical Analysis System (SAS, 1999). There was a positive linear effect of concentrate levels on performance of the animals. The DM, OM, CP and EE showed a linear increase as the inclusion of concentrate rose. The digestibility of DM, OM and NDF, as TDN positively correlated with concentrated, however, the CP digestibility was not affected. The production of enteric methane was reduced linearly with the inclusion of concentrate in the diet for the parameters: g/kg BW and  $BW^{0.75}$ , g/kg DM intake and g/kg NDF intake. The result of methane emissions in g/day and kg/year showed a quadratic effect with minimum point approximately 54% of inclusion. The minimum methane emission was 10.5 g/day and 3.7 kg/year. Therefore, increase the proportion of concentrate in feedlot goats diets improved performance, intake, and dry matter digestibility and reduced enteric methane emissions.

**Keywords:** goat; concentrate; greenhouse gases; sulfur hexafluoride; ruminal methane; ruminants.

## INTRODUÇÃO

A produção de caprinos de corte na região semiárida brasileira desempenha um importante papel econômico e social, contribuindo para o fornecimento de alimentos de alto valor nutritivo, aumento da renda e inserção social (CARTAXO et al., 2014).

A região Nordeste do Brasil destaca-se por concentrar 91,62% do rebanho caprino do país (IBGE, 2014), entretanto a maioria dos rebanhos são criados em sistemas extensivos de produção, gerando baixos índices zootécnicos e de rentabilidade (LOPES et al., 2012), de forma que a adequação dos manejos alimentar e nutricional para os rebanhos é um importante desafio para os sistemas de produção de caprinos nessa região (LOIOLA FILHO et al., 2012).

Os animais de produção tem alta demanda de proteína e energia, o que torna importante a utilização da ração concentrada em sua alimentação (NOBRE et al., 2016). A alteração na proporção volumoso:concentrado na ração de caprinos confinados proporciona mudança na concentração energética das rações, podendo afetar o consumo, a digestibilidade dos nutrientes e desempenho produtivo dos animais (DE CARVALHO et al., 2014).

Os ruminantes, devido ao processo digestivo de fermentação ruminal, são reconhecidos como importante fonte de  $\text{CH}_4$ , já que esse gás é um subproduto da fermentação de carboidratos pelos microrganismos presentes no rúmen. A fermentação do alimento ingerido é um processo anaeróbio, onde os produtos finais de suas atividades combinadas são convertidos em ácidos graxos de cadeia curta, os quais são utilizados pelo animal como fonte de energia. Os microrganismos metanogênicos, presentes no rúmen, obtêm energia para seu crescimento ao utilizar  $\text{H}_2$  para reduzir  $\text{CO}_2$  e formar  $\text{CH}_4$  (BERCHIELLI, 2012; COTTLE et al., 2011; BUDDLE et al., 2011).

A emissão de metano ruminal, além de contribuir para o aquecimento global, está diretamente relacionada à eficiência da fermentação ruminal e à consequente perda de energia nos sistemas de produção, pois ele pode ser considerado responsável por cerca de 2% (dieta rica em concentrado) a 18% (forragens de má qualidade) da energia bruta da dieta perdida durante o

processo fermentativo (PEDREIRA; PRIMAVESI, 2006; RIVERA *et al.*, 2010; BORGES; PASCHOAL, 2012).

Neste sentido, o conhecimento dos fatores que determinam o rendimento da fermentação ruminal e a emissão de gases de efeito estufa são essenciais para reduzir o impacto ambiental causado pelos sistemas de produção animal e para a busca de maior produtividade e eficiência econômica desses sistemas (NASCIMENTO *et al.*, 2016).

Desta forma, objetivou-se com este trabalho quantificar, por meio do hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>), a emissão de CH<sub>4</sub> ruminal de caprinos confinados alimentados com rações contendo diferentes proporções de volumoso/concentrado, bem como avaliar o consumo e a digestibilidade aparente da matéria seca e nutrientes e o desempenho produtivo desses animais.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Animais e instalações:**

O estudo foi conduzido no Campus de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), Petrolina- PE, no setor de Metabolismo Animal. Foram utilizados 40 caprinos machos, castrados, de genótipos locais, com peso médio inicial de 13,3 Kg ± 4,7, confinados em baias individuais.

### **Tratamentos e delineamento experimental:**

Foram fornecidas cinco dietas com diferentes proporções de volumoso/concentrado (100:00, 80:20, 60:40, 40:60 e 20:80) com base na MS. As rações foram confeccionadas a base de feno de Tifton 85 (*Cynodom spp.*), como fonte volumosa, milho em grão moído e farelo de soja, como alimentos concentrados, além do suplemento mineral que foi servido a vontade. O feno foi moído em forrageira com peneira de crivo 4 mm, e misturado ao concentrado diretamente no cocho.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro blocos, cinco tratamentos e oito repetições, totalizando 40 unidades experimentais. Os pesos corporais foram utilizados como fator dos blocos.

### **Manejo Nutricional e período experimental:**

As dietas foram fornecidas duas vezes ao dia, às 8 h e 15 h, na forma de ração total misturada. As pesagens dos animais foram realizadas a cada 14 dias, sempre no início da manhã com os animais submetidos a jejum de sólidos durante 16 horas.

O período experimental teve duração de 72 dias, incluindo 15 dias de adaptação.

### **Parâmetros de avaliação:**

#### **- Pesagens dos animais:**

As pesagens dos animais foram realizadas a cada 14 dias, sempre no início da manhã com os animais submetidos a jejum de sólidos durante 16 horas. O peso corporal final foi caracterizado como o peso obtido na última pesagem. O ganho de peso total consistiu na diferença entre o peso corporal final e o peso corporal inicial. Já, o ganho médio diário foi o obtido por meio da diferença entre o peso corporal final subtraindo-se o peso corporal inicial e dividindo-se pelo número de dias em avaliação, enquanto os ganhos médios diários nos períodos corresponderam à diferença de peso obtida em cada um desses intervalos em função do período avaliado.

Os valores de conversão alimentar (CA) foram obtidos através da razão entre o consumo de matéria seca diário e ganho de peso médio diário, enquanto que o valor da eficiência alimentar alcançada por meio da divisão entre o ganho de peso e o consumo.

#### **- Análises bromatológicas:**

A composição químico-bromatológica (matéria seca, matéria orgânica,

matéria mineral, proteína bruta, hemicelulose, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, lignina e extrato etéreo), dos ingredientes e dietas foram realizadas seguindo as metodologias descritas por Van Soest et al. (1991) (Tabela 1). Os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram estimados de acordo com a metodologia de Capelle et al., (2001).

**Tabela 1.** Composição bromatológica dos ingredientes da dieta

Parâmetros (%)	Feno Tifton	Milho grão moído	Farelo de Soja
MS	89,77	82,0	84,58
MO*	88,80	98,75	93,49
MM*	6,28	1,24	6,50
PB*	9,48	7,52	52,45
HEM*	35,68	15,66	6,12
FDN*	71,19	15,28	15,26
FDA*	35,51	5,86	9,14

MS – matéria seca; MO – matéria orgânica; MM – matéria mineral; PB – Proteína bruta; HEM – hemicelulose; FDN – Fibra em detergente Neutro; FDA – Fibra em detergente Ácido. \* % da matéria seca.

**Tabela 2.** Composição percentual e química das dietas com diferentes relações volumoso/concentrado

Ingredientes da MS (%)	Tratamentos				
	100/0	80/20	60/40	40/60	20/80
Feno de Tifton	100,0	80,0	60,0	40,0	20,0
Farelo de Milho	0	18,0	34,0	50,0	67,0
Farelo de soja	0	2,0	6,0	10,0	13,0
Nutrientes %MS					
Matéria Seca (MS)	89,77	87,74	87,14	86,67	88,07
Matéria Mineral (MM)	6,28	3,23	3,13	3,02	3,68
Matéria Orgânica (MO)	83,49	84,51	84,01	83,65	84,39
Proteína Bruta (PB)	9,48	10,05	12,28	13,39	16,29
Fibra em detergente neutro (FDN)	71,19	60,01	48,82	37,64	26,46
Fibra em detergente ácido (FDA)	35,51	33,92	27,91	24,84	22,20
Nutrientes digestíveis totais (NDT)	57,36	63,17	64,09	68,41	77,52
Lignina	0,91	0,52	0,26	0,13	0,06
Extrato etéreo (EE)	1,56	2,26	2,73	3,41	3,80

#### - Consumo de matéria seca

O consumo de matéria seca foi determinado pelo registro da quantidade de ração fornecida diariamente, subtraindo-se a quantidade de sobras, de forma que a quantidade de alimentos oferecida fosse ajustada diariamente para

não permitir sobras superiores a 10% em relação a quantidade fornecida.

As sobras dos alimentos foram pesadas pela manhã em sua totalidade, sendo 10%-15% amostrado. Ao serem colhidas, as amostras foram acondicionadas em sacos de plásticos com as devidas identificações dos animais, tratamentos e período de colheita e em seguida congeladas a  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Ao final de cada período foram descongeladas, homogeneizadas e retirada uma amostra composta para cada animal de aproximadamente 250 gramas. As alíquotas foram pré-secas em estufa com ventilação forçada ( $55\text{ a }60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) por 72 horas e moídas em um moinho tipo Wiley com peneiras de malha de 2mm.

#### **- Digestibilidade aparente *in vivo*:**

O ensaio de digestibilidade ocorreu no dia 42 do período do ensaio de desempenho produtivo, em que todos os animais do experimento foram alocados em gaiolas metabólicas contendo bebedouro e comedouro por um período de três dias. Para a coleta total de fezes foram colocadas sacolas de napa nos animais, retirando-se diariamente amostras de 10% das fezes, além disso, foram coletadas cinquenta gramas das sobras e das rações ofertadas para a realização das análises químico-bromatológicas.

#### **- Quantificação do metano:**

Para a determinação do metano entérico, foi utilizada a técnica do traçador hexafluoreto de enxofre ( $\text{SF}_6$ ), desenvolvida pela Universidade de Washington (JOHNSON; JOHNSON, 1995; adaptada por PRIMAVESI et al. 2004b).

Foram utilizados 10 animais (2 por tratamento) que já haviam recebido por via oral cápsula com fluxo conhecido do gás traçador. Utilizou-se também 1 canga como “branco”, para coleta dos gases do ambiente, totalizando 11 cangas. Os animais foram adaptados aos aparatos de amostragem (cangas e cabrestos) por período de 10 dias.

As coletas foram realizadas por 5 dias consecutivos, com troca das cangas a cada 24 horas. Diariamente, após a troca dos cilindros, estes eram levados até a Embrapa Semiárido para aferição da pressão negativa final e

injeção de nitrogênio até atingir pressão positiva de aproximadamente 2,9 psi. Em seguida as amostras foram transferidas para vials previamente submetidos a vácuo e encaminhadas ao laboratório de cromatografia da Embrapa Semiárido para análise em cromatógrafo a gás equipado com detector de ionização de chama e detector de captura de elétrons.

Após a obtenção dos resultados foi possível determinar o fator de emissão de metano, em diversas unidades comparativas: g de CH<sub>4</sub>/animal/dia; kg de CH<sub>4</sub>/animal/ano; kg de CH<sub>4</sub>/kg de matéria seca ingerida; kg de CH<sub>4</sub>/kg peso corporal; kg e CH<sub>4</sub>/kg peso metabólico; kg de CH<sub>4</sub>/kg de FDN ingerida.

### - Análises estatísticas

Os dados coletados foram submetidos a análise de variância seguida pela regressão. A análise estatística foi realizada por meio do Statistical Analyses System - SAS (1999). Foram considerados como significativos valores de probabilidade inferiores a 5% (P<0,05).

## RESULTADOS

O peso inicial corporal final, o ganho de peso total e o ganho médio diário dos caprinos confinados aumentaram linearmente (P<0,05) com a inclusão de concentrado na ração, obtendo-se valores máximos de 20,19 kg, 6,56 kg e 93,75 g, respectivamente (Tabela 3). A eficiência produtiva também se elevou linearmente com o aumento de concentrado na ração, enquanto a conversão alimentar reduziu-se de forma linear com o maior aporte de concentrado.

**Tabela 3.** Peso inicial (PI), peso final (PF), ganho de peso total (GPT), ganho de peso médio diário (GPMD), eficiência produtiva (EP) e conversão alimentar (CA) de caprinos de genótipos local, recebendo dietas com diferentes relações concentrado/volumoso

Parâmetros	Relação V/C					EPM	Efeito	
	100/0	80/20	60/40	40/60	20/80		Linear	Quadrático
PI (kg)	11,83	12,06	13,75	14,56	13,63	0,395	0,0567	0,1255
PF (kg)	14,30	16,13	18,21	19,81	20,19	0,480	<,0001	0,0002

GPT (kg)	2,47	4,06	4,46	5,25	6,56	0,281	<,0001	0,0003
GPMD (g)	35,31	58,04	63,75	75,00	93,75	0,004	<,0001	0,0003
EP	0,08	0,13	0,11	0,13	0,16	0,007	0,0091	0,0346
CA	13,19	10,29	9,15	9,05	6,62	0,604	0,0007	0,0031

Os consumos de MS, MO, PB, EE e FDN dos caprinos confinados foram influenciados pela relação de volumoso e concentrado na ração, havendo aumento linear ( $P < 0,05$ ) nestas variáveis à medida que elevou-se a inclusão de concentrado, com exceção da FDN, que diminuiu linearmente (Tabela 4). Em contrapartida, o consumo de MM e FDA, não foram afetados pelas relações volumoso:concentrado ( $P > 0,05$ ).

**Tabela 4.** Consumos médios diários de matéria seca e nutrientes em dietas com diferentes relações volumoso/concentrado por caprinos

Parâmetros	Relação V/C <sup>a</sup>					EPM	Efeito	
	100/0	80/20	60/40	40/60	20/80		Linear	Quadrático
CMS (g/dia)	466,8	505,9	579,9	590,4	580,45	22,104	0,0445	0,0907
	3	5	9	9				
CMM (g/dia)	31,29	36,68	40,64	34,38	32,90	1,630	0,9385	0,2165
	435,5	469,2	539,3	556,1				
CMO (g/dia)					547,55	20,088	0,0327	0,0750
	4	7	5	1				
CPB (g/dia)	44,84	53,29	74,10	80,24	95,72	4,723	<,0001	0,0001
CEE (g/dia)	6,67	11,08	14,70	20,38	22,99	1,237	<,0001	<,0001
	333,7	298,0	261,6	197,0				
CFDN (g/dia)					114,42	16,790	<,0001	<,0001
	5	3	8	6				
CFDA (g/dia)	165,4	170,1	168,5	142,4	127,14	7,632	0,0521	0,0903
	4	1	6	6				

a – relação volumoso/concentrado; CMS – consumo e matéria seca; CMM – consumo de matéria mineral; CMO – consumo de matéria orgânica; CPB – consumo de proteína bruta; CFDN – consumo de fibra em detergente neutro; CFDA – consumo de fibra em detergente ácido; EPM – erro padrão da média.

Os coeficientes de digestibilidade da MS, MO, assim como o NDT aumentaram linearmente com o incremento de concentrado na ração dos cabritos confinados, apresentando valores de 80,00%, 80,54% e 77,52% para o tratamento contendo maior proporção de concentrado, respectivamente. Já o coeficiente de digestibilidade da FDN apresentou decréscimo linear à medida que elevou-se a proporção de concentrado às dietas. E a digestibilidade da proteína bruta não foi influenciada pelas alterações nas relações volumoso e concentrado (Tabela 5).

**Tabela 5.** Coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca e nutrientes em dietas com diferentes relações volumoso/concentrado

Parâmetros	Relação V/C (%) <sup>a</sup>					EPM	Efeito	
	100/0	80/20	60/40	40/60	20/80		Linear	Quadrático
CDMS (%)	60,37	66,39	68,34	72,21	80,00	1,807	0,0002	0,0009
CDMO (%)	61,43	66,89	69,23	71,95	80,54	1,470	<,0001	0,0003
CDPB (%)	68,48	70,31	71,11		80,40	1,801	0,0786	0,1023
CFDN (%)	61,85	56,77	56,06	72,72 54,35	49,25	1,657	0,0160	0,0571
NDT (%)	57,36	63,17	64,09	68,41	77,52	1,537	<,0001	0,0003

a – relação volumoso/concentrado; CDMS – coeficiente de digestibilidade aparente da Matéria seca; CDMO – coeficiente de digestibilidade aparente da Matéria orgânica; CDPB – coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta; CFDN – coeficiente de digestibilidade aparente da fibra em detergente neutro; NDT – Nutrientes digestíveis totais; EPM – erro padrão da média.

A emissão de metano entérico pelos caprinos confinados foi reduzida linearmente ( $P < 0,05$ ) com a inclusão de concentrado na ração para os parâmetros: grama de metano por Kg de peso vivo e metabólico (g/Kg PV e g/KgPV<sup>0,75</sup>) e grama de metano por Kg de matéria seca ingerida (g/Kg MSI). Já a emissão de metano em gramas por dia e em Kg por ano, apresentou efeito quadrático (Tabela 6).

**Tabela 6.** Média da emissão de metano por dia, por ano, por quilo de peso vivo, por quilo de peso metabólico e por quilo de matéria seca em caprinos de genótipos local, recebendo dietas com diferentes relações concentrado/volumoso

Parâmetros						EPM	Efeito	
	0/100	20/80	40/60	60/40	80/20		L	Q
CH <sub>4</sub> (g/dia)	30,97	12,11	13,97	13,07	13,13	1,58	0,000	<,000
CH <sub>4</sub> (Kg/ano)	11,30	4,42	5,10	4,58	4,79	0,58	0,000	<,000
CH <sub>4</sub> (g/Kg PV)	1,88	0,66	0,67	0,76	0,54	0,08	<,000	<,000
CH <sub>4</sub> (g/KgPV <sup>0,75</sup> )	3,78	1,37	1,44	1,55	1,20	0,17	<,000	<,000
CH <sub>4</sub> (g/Kg MSI)	58,81	29,88	24,98	23,52	21,90	2,002	0,001	0,003

## DISCUSSÃO:

O aumento linear no ganho de peso dos caprinos confinados (Tabela 3)

é justificado pelos maiores CMS e CMO (Tabela 4), além de maiores coeficientes de digestibilidade da MS e nutrientes nas rações com maior proporção de concentrado. Ou seja, possivelmente, os maiores aportes de matéria seca, energia e nutrientes obtidos com o aumento dos teores de concentrado nas rações podem explicar os resultados observados.

Arrigoni et al. (2013) afirmam que a ingestão de matéria seca é o principal fator que influencia o desempenho produtivo do animal, afetando a quantidade total de nutrientes que o animal recebe. A relação volumoso:concentrado afeta diretamente o consumo dos animais, pois o consumo de dietas com altos teores de fibra é controlado pela capacidade física do trato gastrintestinal do animal, por meio da atuação na taxa de passagem e enchimento ruminal, em contrapartida, dietas com altos teores de concentrado (alta densidade energética) têm consumo controlado pela demanda energética (VAN SOEST, 1994).

Resultados semelhantes aos desse estudo foram encontrados por Nobre et al. (2016), trabalhando com ovinos alimentados com diferentes níveis de concentrado na dieta, que obteve efeito linear positivo dos níveis de concentrado sobre o desempenho produtivo, onde o GPT e o GPMD foram significativamente maiores nos animais que recebiam 60% de concentrado na dieta. Situação também observada por Manera et al. (2009), que observaram maior peso final corporal (19,28 Kg), maior ganho de peso médio diário (0,093 Kg) e maior ganho de peso total (9,98 Kg) de caprinos Saanen quando esses receberam maiores proporções de concentrado na dieta.

Nobre et al. (2016), observaram que a conversão alimentar melhorou linearmente ( $P < 0,05$ ) com o aumento do nível de concentrado na dieta de ovinos Santa Inês alimentados com 40; 50; e 60% de concentrado. Fato que também ocorreu no presente trabalho, demonstrando que os animais que recebiam maior proporção de concentrado em suas dietas foram mais eficientes na transformação do alimento em ganho de peso.

Embora os melhores desempenhos produtivos dos caprinos tenham sido encontrados com o aumento nas proporções de concentrado nas rações, os ganhos médios diários desses animais (93,75 g/dia), apesar de estar em consonância com o previsto no NRC (2007), para um ganho de peso de 100g diários, o consumo de matéria seca e de proteína bruta (Tabela 4)

apresentaram-se maiores, obtendo-se valores de 0,58 Kg/dia e 0,95 Kg/dia, para este trabalho, e, 0,54Kg/dia 0,74Kg/dia, para o NRC (2007).

Além disto, a proteína bruta da dieta dos animais com maior proporção de concentrado do presente trabalho (16,29%) (Tabela 2) foi maior do que o requerimento de animais com condições parecidas (13,7%) (NRC, 2007). Esse fato indica que seria esperado um ganho de peso maior dos animais do presente estudo, demonstrando que os animais não responderam como deveriam. Uma das justificativas para esse achado é o potencial genético dos animais utilizados que são limitantes a maiores ganhos de peso em relação ao que foi obtido.

Já para um ganho de peso de 25 g/dia, cabritos com 15 kg de peso corporal, em condições parecidas com o do presente trabalho, segundo o NRC (2007), consomem 0,53 Kg/dia de MS e 0,44 Kg/dia de PB. No entanto, os animais que ingeriram apenas volumoso apresentaram um maior ganho de peso (35,31 g/dia) (Tabela 3) do que o NRC (2007) preconiza. Isto pode ter ocorrido devido a maior concentração de proteína bruta existe no feno de tifton (9,48% de PB) (Tabela 2), em comparação com requerimento que os mesmos precisavam (8,5% de PB) para a obtenção deste ganho de peso.

A interação entre o alimento volumoso e concentrado no rúmen pode causar um efeito associativo que promove uma série de modificações na digestibilidade e no consumo de matéria seca e demais nutrientes, o que pode afetar o desempenho animal de maneira positiva ou negativa (VAN SOEST, 1994).

Os maiores consumos (Tabela 4) de matéria seca e nutrientes (CMO, CPB, CEE) apresentados pelos caprinos que receberam maiores proporções de concentrado na ração podem estar associados a fatores como a melhor aceitação pelos animais da ração com mais concentrado assim como ao controle de consumo pelo enchimento ruminal dos animais que se alimentaram de rações com maiores proporções de volumoso, fazendo com esses caprinos apresentassem menor consumo de MS. Vale salientar que os maiores consumos de nutrientes proporcionados pelas rações com o aumento na inclusão de concentrado, possivelmente, também se devem ao fato de que essas dietas continham maiores concentrações de nutrientes e que os animais, mesmo apresentando genótipo adaptado ao sertão e com desempenho

produtivo reduzido, exibiram bom potencial de produção, ou seja, consumiram mais para obter um maior ganho de peso.

Os valores de consumo de MS relatados por Ribeiro et al. (2006) para caprinos das raças Canindé e Moxotó confinados e alimentados com 40% de feno de Tifton e 60% de concentrado a base de milho, farelo de soja e farelo de trigo foram em média de 0,56 kg de MS/animal/dia, resultado semelhante aos observados na presente pesquisa para essa mesma proporção de V:C, embora que os animais deste trabalho apresentaram peso corporal inicial de 15 kg, superior aos animais da presente pesquisa.

Os níveis de concentrado não afetaram ( $P < 0,05$ ) o consumo de matéria mineral (CMM) e fibra em detergente ácido (CFDA) no presente trabalho. No entanto, houve uma redução linear no consumo de FDN com o incremento de concentrado nas dietas. Fato observado também por De Carvalho et al. (2014), Gonçalves et al. (2001), Ítavo et al. (2002), Geron et al. (2013), já que a proporção deste nutriente possivelmente diminui com o aumento do concentrado nas dietas.

De acordo com Moreno et al. (2010) e Da Cruz et al. (2011), a ingestão e a digestibilidade dos nutrientes podem estar correlacionados de maneira positiva ou negativa entre si, o que depende da qualidade da dieta. Sendo que, normalmente, essa correlação é positiva em dietas com elevada proporção de volumoso de baixa qualidade, uma vez que o volume ocupado pela fração fibrosa de baixa digestibilidade reduz a ingestão de matéria seca (VAN SOEST, 1994).

Observou-se que a digestibilidade da MS, da MO os NDT aumentaram linearmente na medida em que se diminuía a proporção volumoso:concentrado, e os valores referentes à FDN decaíram de forma linear de acordo com o incremento de concentrado (Tabela 5), sugerindo que a adição de concentrado na dieta provocou um efeito positivo na digestibilidade dos nutrientes e no conteúdo energético das mesmas. Esses resultados podem estar associados à maior aceitação dos animais pela ração contendo maiores níveis de concentrado e também devido à maior disponibilidade de nutrientes dessas dietas.

O aumento da digestibilidade da MS e MO observado no presente trabalho pode ter ocorrido em consequência de maior concentração de

carboidratos não fibrosos (CNF) em dietas com maior quantidade de concentrado, os quais apresentam rápida digestão, em comparação com o maior teor de carboidratos fibrosos (CF) presentes na dieta que continha apenas o feno em sua composição.

O coeficiente de digestibilidade da PB (Tabela 5) não foi afetado pelo nível de concentrado. Resultados semelhantes foram obtidos por Itavo et al. (2002), trabalhando com novilhos alimentados com dietas contendo vários níveis de concentrado. Estes autores sugerem que quanto maior o nível de concentrado, maiores seriam a absorção de amônia no rúmen, podendo assim ter ocorrido perda de proteína dietética. Dizem ainda que tal fato pode significar que a quantidade de PB das dietas foi suficiente para suprir as exigências dos microrganismos ruminais e do ruminante.

Usualmente, a adição de níveis de concentrado na dieta de ruminantes desencadeia uma redução na produção de metano, principalmente devido à mudança na fermentação ruminal levando a uma maior produção de propionato e consequente sequestro de hidrogênio e diminuição de sua ligação com o CO<sub>2</sub> pelas *Archeas* metanogênicas. Além disso, o baixo pH ruminal causado pelo aumento de concentrado na dieta pode inibir o crescimento e/ou atividade dos microrganismos metanogênicos, bem como das bactérias celulolíticas (KOZLOSKI, 2002).

As arqueias metanogênicas são sensíveis às mudanças nas condições da ração ofertada ao animal. Desse modo, fatores como o aumento na taxa de passagem da digesta, aumento na taxa de fermentação, decréscimo da ruminação ou pH conduzem à redução da quantidade de H<sub>2</sub> disponível para a formação de metano. Dessa maneira há menor produção de metano e, conseqüentemente, aumenta o nível de energia metabolizável disponível para o animal (NUSSIO et al., 2006).

De acordo com os resultados da presente pesquisa, as variáveis CH<sub>4</sub> g/dia e CH<sub>4</sub> Kg/ano apresentaram comportamento quadrático (Tabela 6), apresentando ponto mínimo em aproximadamente 54% de proporção de concentrado em ambos os parâmetros e valores mínimos de emissão de 10,5 g/dia e 3,7 Kg/ano.

Conforme o MCTI (BRASIL, 2010), os caprinos no Brasil emitem 5kg/cab/ano em média, valor semelhante aos encontrados no presente estudo

(Tabela 6) para os animais com relação volumoso:concentrado de 60:40, entretanto menor se comparado ao valor referente aos animais alimentados somente com volumoso (11,30 Kg/ano).

Os dados observados no atual estudo indicam que a adição de concentrado propiciou condições favoráveis aos microrganismos ruminais, disponibilizando energia para degradação da fração fibrosa no rúmen. Entretanto, a partir da adição de 55% de concentrado na dieta, alterou-se os parâmetros de fermentação ruminal de forma que o ambiente ruminal tornou-se prejudicial aos microrganismos responsáveis pela metanogênese.

A substituição de volumoso por concentrado energético também desencadeou comportamento quadrático em outros trabalhos (PRIMAVESI et al., 2004a; LIMA, 2013; BERCHIELLE et al., 2003). No estudo de Primavesi et al. (2004a) houve emissão máxima de metano quando o concentrado participou em 40% da matéria seca da dieta, o que também foi observado por Lima (2013), quando o volumoso participou em 50% da dieta. Já no trabalho de Berchielle et al. (2003) a produção de metano apresentou comportamento quadrático ( $P < 0,01$ ), aumentando até o nível de 60% de suplementação.

Puchala et al (2012), mensurando a emissão de metano em câmaras respirométricas de circuito aberto, técnica diferente à do presente trabalho, encontraram valores de emissão de metano entre 0,46 a 0,88 g/peso metabólico por caprinos consumindo tanino condensado presente em uma leguminosa exótica nos Estados Unidos em diferentes frequências de fornecimento. Estes valores apresentam disparidade com os obtidos na atual pesquisa, já que foram obtidos valores maiores (3,78 g/Kg  $PV^{0,75}$ ) dos animais que alimentavam-se apenas com volumoso em sua dieta e valores semelhantes (1,20 g/ Kg  $PV^{0,75}$ ) dos animais que consumiam maior proporção de concentrado (Tabela 6). Este fato pode ter ocorrido devido aos animais do presente experimento que apresentaram os maiores valores de emissão alimentarem-se apenas com volumoso em sua dieta, o que favorece a produção de acetato e conseqüentemente maior liberação de  $H^+$  para a formação de metano.

Em trabalho realizado com caprinos com peso médio de 34 kg alimentados com diferentes níveis de taninos condensado, utilizando a técnica de câmaras respirométricas, Animut et al. (2008) encontraram valores de

emissão de metano por Kg de matéria seca ingerida de 22,5 g/MSI, semelhante aos valores da presente pesquisa para os animais que consumiam concentrado, apesar de os animais daquele estudo apresentarem maior peso corporal. Porém, o valor de emissão de metano por kg de matéria seca ingerida dos animais que não receberam suplementação (Tabela 6) foi bem maior (54,26 g/KgMSI) do que o reportado por esses autores.

A emissão de metano proveniente da fermentação ruminal é altamente dependente das estratégias de gestão implementadas em uma produção, como por exemplo, o tipo de animal, o consumo de alimentos, a digestibilidade da dieta e de outras medidas que proporcione aumento na eficiência produtiva e resulte em ciclos de produção mais curtos (ECKARD et al., 2010; GRAINGER; BEAUCHEMIN, 2011).

Sendo assim, os resultados do presente estudo indicam que a melhoria da eficiência no uso dos recursos a serem utilizados com o intuito de melhorar o sistema de produção deve, além de buscar melhores valores de produtividade, também almejar um caminho para a sustentabilidade da produção de caprinos na região semiárida através da implementação de tecnologias que permitam uma produtividade satisfatória a partir de um custo ambiental reduzido.

## **CONCLUSÃO:**

O aumento na proporção de concentrado nas rações para caprinos em

confinamento melhora o ganho de peso, a eficiência produtiva, a conversão alimentar, o consumo e a digestibilidade da matéria seca e reduz a emissão de metano entérico.

**REFERÊNCIAS:**

- ANIMUT, G. et al. Methane emission by goats consuming diets with different levels of condensed tannins from lespedeza. **Animal Feed Science and Technology**, v. 144, n. 3, p. 212-227, 2008.
- ARRIGONI, Mário De Beni et al. Níveis elevados de concentrado na dieta de bovinos em confinamento. **Veterinária e Zootecnia**, v. 20, n. 4, p. 539-551, 2013.
- BERCHIELLI, Telma Teresinha et al. Determinação da produção de metano e pH ruminal em bovinos de corte alimentados com diferentes relações volumoso: concentrado. **Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia**, v. 40, p. 21-24, 2003.
- BERCHIELLI, Telma Terezinha; MESSANA, Juliana Duarte; CANESIN, Roberta Carrilho. Produção de metano entérico em pastagens tropicais. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 13, n. 4, 2012.
- BORGES, L. M.; PASCHOAL, J. J. A PRODUÇÃO E CONTROLE DE GÁS METANO NA PECUÁRIA BRASILEIRA. **Cadernos de Pós-Graduação da FAZU**, v. 2, 2012.
- BUDDLE, Bryce M. et al. Strategies to reduce methane emissions from farmed ruminants grazing on pasture. **The Veterinary Journal**, v. 188, n. 1, p. 11-17, 2011.
- CAPPELLE, Edilson Rezende et al. Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 6, p. 1837-1856, 2001.
- CARTAXO, F. Q. et al. Características de carcaça de cabritos de diferentes genótipos terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 15, n. 1, 2014.
- COTTLE, D. J.; NOLAN, J. V.; WIEDEMANN, S. G. Ruminant enteric methane mitigation: a review. **Animal Production Science**, v. 51, n. 6, p. 491-514, 2011.
- DA CRUZ, Braulio Crisanto Carvalho et al. Desempenho, consumo e digestibilidade de cordeiros em confinamento recebendo silagens de capim elefante com diferentes proporções de casca desidratada de maracujá. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 4, p. 1595-1604, 2011.
- DE CARVALHO, Daniel Marino Guedes et al. Níveis de concentrado na dieta de ovinos: consumo, digestibilidade e parâmetros ruminais. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 5, p. 2649-2658, 2014.

GONÇALVES, André Luigi et al. Padrão nictemeral do pH ruminal e comportamento alimentar de cabras leiteiras alimentadas com dietas contendo diferentes relações volumoso: concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 6, p. 1886-1892, 2001.

GRAINGER, C.; BEAUCHEMIN, K. A. Can enteric methane emissions from ruminants be lowered without lowering their production?. **Animal feed science and technology**, v. 166, p. 308-320, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. 2014. **Pesquisa Pecuária Municipal**. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pecua/default.asp?t=2&z=t&o=24&u1=1&u2=1&u3=1&u4=1&u5=1&u6=1&u7=1>>. Acesso em: 10 abr. 2016.

ÍTAVO, Luís Carlos Vinhas et al. Consumo e digestibilidades aparentes totais e parciais de nutrientes em novilhos alimentados com dietas contendo vários níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 3, p. 1543-1552, 2002.

JOHNSON, K.A.; JOHNSON, D.E. Methane emissions from cattle. **Journal of Animal Science**, v.73, p.2483-2492, 1995.

KNAPP, J. R. et al. Invited review: Enteric methane in dairy cattle production: Quantifying the opportunities and impact of reducing emissions. **Journal of Dairy Science**, v. 97, n. 6, p. 3231-3261, 2014.

KOZLOSKI, G. V. **Bioquímica dos ruminantes**. Santa Maria: UFSM. 140 p, 2002.

LIMA, Ana Rebeca de Castro. Metabolismo energético e produção de metano em cabras Anglonubiano. 2013. 75f. **Dissertação (Mestrado em Zootecnia)** – Universidade Estadual Paulista – UNESP, JABOTICABAL, 2013.

LOIOLA FILHO, João Bosco et al. Consumo de água e desempenho produtivo de caprinos recebendo rações contendo diferentes teores de caroço de algodão em substituição a silagem de maniçoba. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 3, p. 102-109, 2012.

LOPES, Fernando B. et al. Spatialization of climate, physical and socioeconomic factors that affect the dairy goat production in Brazil and their impact on animal breeding decisions. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 32, n. 11, p. 1073-1081, 2012.

LUCCI, C. S. **Nutrição e manejo de bovinos leiteiros**. São Paulo: Manole, 1997. p.298.

MANERA, Daniel Bonfim et al. Desempenho produtivo e características de carcaça de cabritos alimentados com diferentes proporções de concentrado. **Revista Caatinga, Mossoró**, v. 22, n. 4, p. 240-245, 2009.

MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima. **Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. v. 1, Brasília, 2010.

MORENO, Greicy Mitzi Bezerra et al. Desempenho, digestibilidade e balanço de nitrogênio em cordeiros alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar e dois níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, p. 853-860, 2010.

NASCIMENTO, C. F. M. et al. Methane Emission of Cattle Fed Urochloa brizantha Hay Harvested at Different Stages. **Journal of Agricultural Science**, v. 8, n. 1, p. 163, 2016.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. 2007. **Nutrient requirements of small ruminants**. 1.ed. Washington: National Research Council. 362p.

NOBRE, Ismael de Sousa et al. Avaliação dos níveis de concentrado e gordura protegida sobre o desempenho produtivo e termorregulação de ovinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 17, n. 1, 2016.

NUSSIO LG, CAMPOS FP, LIMA MLM. Metabolismos de carboidratos estruturais. In: **Nutrição de ruminantes**. 2ª ed. Jaboticabal: Funep; 2006. p.183-223.

PEDREIRA, S.M; PRIMAVESI, O. Impacto da produção animal sobre o ambiente. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Eds.) **Nutrição de ruminantes**. 1.ed. Jaboticabal: Funep, 2006. p.497-511.

PRIMAVESI, O. et al. Técnica do gás traçador SF6 para medição de campo do metano ruminal em bovinos: adaptações para o Brasil. **Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos**, 2004b.

PRIMAVESI, Odo et al. Metano entérico de bovinos leiteiros em condições tropicais brasileiras. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 39, n. 3, p. 277-283, 2004a.

PUCHALA, R. et al. Methane emissions by goats consuming Sericea lespedeza at different feeding frequencies. **Animal feed science and technology**, v. 175, n. 1, p. 76-84, 2012.

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

RIVERA, Astrid Rivera et al. Fermentação ruminal e produção de metano em bovinos alimentados com feno de capim-tifton 85 e concentrado com aditivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, p. 617-624, 2010.

SAS INSTITUTE. **Statistical Analysis System**. Procedure guide for personal computers. Cary, 1999.

SILVA, D.J.S.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: UFV. 235p, 2002.

VAN SOEST, P.J., ROBERTSON, J.B., LEWIS, B.A. Methods for dietary, neutral detergent, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**. v.74(10), 1991. p.3583-3597.

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