

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

PRODUÇÃO DE METANO EM CAPRINOS SOB PASTEJO

Naomi Cristina Meister

Zootecnista

2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

PRODUÇÃO DE METANO EM CAPRINOS SOB PASTEJO

Naomi Cristina Meister

Orientadora: Profa. Dra. Ana Cláudia Ruggieri

Co-orientador: Prof. Dr. Kleber Tomás de Resende

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de
Jaboticabal, como parte das exigências para a
obtenção do título de Doutor em Zootecnia

2013

M515p Meister, Naomi Cristina
Produção de metano em caprinos sob pastejo. / Naomi Cristina
Meister. -- Jaboticabal, 2013
v, 93 p. ; il. : 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2013

Orientadora: Ana Cláudia Ruggieri

Coorientador: Kleber Tomás de Resende

Banca examinadora: Euclides Braga Malheiros, Liziane de
Figueiredo Brito, Alexandre Berndt, Rosa Toyoko Shiraishi Frighetto.

Bibliografia

1. Ruminantes. 2. Gases de efeito estufa. 3. Tanino. 4. Gramínea
tropical. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e
Veterinárias.

CDU 636.084.22:636.3

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: PRODUÇÃO DE METANO EM CAPRINOS SOB PASTEJO

AUTORA: NAOMI CRISTINA MEISTER

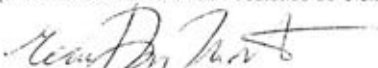
ORIENTADORA: Profa. Dra. ANA CLAUDIA RUGGIERI

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. KLEBER TOMAS DE RESENDE

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM ZOOTECNIA, pela Comissão Examinadora:

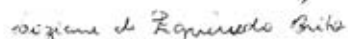
Profa. Dra. ANA CLAUDIA RUGGIERI

Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal



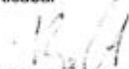
Prof. Dr. EUCLYDES BRAGA MALHEIROS

Departamento de Ciências Exatas / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal



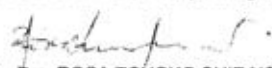
Profa. Dra. LIZIANE DE FIGUEIREDO BRITO

Pós-Doutoranda / Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal



Prof. Dr. ALEXANDRE BERNDT

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária / São Carlos/SP



Profa. Dra. ROSA TOYOKO SHIRAISHI FRIGHETTO

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária / Jaguariuna/SP

Data da realização: 05 de abril de 2013.

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

NAOMI CRISTINA MEISTER – nascida em São Paulo, SP, em maio de 1973. Entrou para o Curso de Zootecnia na Universidade Federal de Lavras – MG em 1992. Aprovada no concurso público nº 01/97 da EMATER – MG, porém optou pela vida acadêmica. Obteve título de mestre em Nutrição Animal pela Universidade de São Paulo – USP em maio de 2001. Trabalhou em empresa privada na área de nutrição animal até 2003, na cidade de Londrina – PR. Mãe de Mateus e Tiago, nascidos em 2003 e 2006, respectivamente. Em 2004 fundou empresa de consultoria em Zootecnia, como sócia onde ocupou cargo administrativo até 2008. Em 2009 iniciou o curso de doutorado em Zootecnia pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, UNESP, Câmpus de Jaboticabal, SP.

TEMPOS MODERNOS

Eu vejo a vida melhor no futuro
Eu vejo isso por cima do muro
De hipocrisia que insiste em nos rodear
Eu vejo a vida mais farta e clara
Repleta de toda a satisfação
Que se tem direito
Do firmamento ao chão

Eu quero crer no amor numa boa
E que isso valha prá qualquer pessoa
Que realizar a força que tem uma paixão

Eu vejo um novo começo de era
De gente fina, elegante e sincera
Com habilidade pra dizer mais sim do que não

Hoje o tempo voa amor
Escorre pelas mãos
Mesmo sem se sentir
E não há tempo que volte amor
Vamos viver tudo o que há prá viver
Vamos nos permitir.....

Composição: Lulu Santos

Interpretação: Marisa Monte

DEDICATÓRIA

Dedico aos meus pais, Eremi e Etsuko, por me fazerem o que sou!
Aos meus filhos Mateus e Tiago, que sempre me amaram incondicionalmente
e nunca me perguntaram por que estava tão ausente!
À aquele que me é complementar, e me ensina a cada dia ser melhor...

Te amo William!

A Ana Claudia Ruggieri, por ser muito mais que orientadora!

AGRADECIMENTOS

À Deus por me dar saúde, força, perseverança e, principalmente, por me presentear com céus estrelados de brigadeiro, nos momentos de maior desafio. Iluminação maior não existe!

Ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária da Unesp, Câmpus de Jaboticabal pela oportunidade.

À Profa. Dra. Ana Cláudia Ruggieri pela oportunidade, orientação, amizade, ensinamentos, muita paciência, por ter me incentivado a potencializar minhas habilidades e, de fundamental importância, pela confiança depositada neste projeto!

Ao Prof. Dr. Kleber Tomás de Resende pela coorientação.

Aos Professores pelos ensinamentos e convivência.

“Ninguém é tão pequeno que não tenha algo a ensinar, e nem tão grande que não tenha algo a aprender!”- Blaise Pascal

Aos Professores educadores, que me ensinaram e sempre estiveram preocupados em passar conhecimento, e principalmente em se fazer entender.

Aos secretários do Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Unesp, Câmpus de Jaboticabal, do departamento de Zootecnia.

Aos funcionários do Setor de Caprinocultura, pelos anos de agradável convivência e amizade.

Aos meus amigos e companheiros de todos os anos de experimento, Nailson, Fernando e Victor, obrigada por me ensinarem o que sabiam, pela ajuda, amizade, paciência, incentivos, diversão e solidariedade. A você Fernando um agradecimento especial pela calma e ajuda, no momento em que eu estava mais louca!!! Nailson, não consegui até o momento definir se você me deu um grande presente ou uma bomba relógio, obrigada pelo “trabalho”!

Aos meus Familiares pelo carinho, amor, apoio e incentivos.

Ao CNPq e CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

A FAPESP pelo financiamento do experimento.

A equipe da Embrapa, pela colaboração no trabalho.

Ao Dr. Alexandre Berndt e Dra. Rosa Frighetto da Embrapa, pelos ensinamentos e paciência, sem o qual a caminhada pela descoberta e adaptação da metodologia seriam muito mais difíceis.

Aos Amigos da Universidade, da cidade de Jaboticabal e de toda a minha trajetória de vida!!! Não colocarei nomes, pois não me perdoaria se esquecesse de algum de vocês!

“Meus amigos são todos assim: metade loucura, outra metade santidade. Escolho-os não pela pele, mas pela pupila, que tem que ter brilho questionador e tonalidade inquietante. Escolho meus amigos pela cara lavada e pela alma exposta. Não quero só o ombro ou o colo, quero também suas alegrias. Amigo que não ri junto, não sabe sofrer junto. Meus amigos são todos assim: metade bobeira, metade seriedade. Não quero risos previsíveis, nem choros piedosos. Quero amigos sérios, daqueles que fazem da realidade sua fonte de aprendizagem, mas lutam para que a fantasia não desapareça. Não quero amigos adultos nem chatos. Quero-os metade infância e outra metade velhice. Crianças, para que não esqueçam o valor do vento no rosto, e velhos, para que nunca tenham pressa. Tenho amigos para saber quem eu sou, pois vendo-os loucos a santos, bobos e sérios, crianças e velhos, nunca me esquecerei de que a normalidade é uma ilusão imbecil e estéril” – Fernando Pessoa.

À todos que direta ou indiretamente contribuíram para realização deste trabalho.

Muito Obrigada!

OBRIGADA MEUS FILHOS.....

Por terem passados tantos finais de semana sem mim, por serem em muitas ocasiões esquecidos na casa dos amigos e, por serem sempre os últimos a serem pegos na escola e continuarem sorrindo toda vez que chegava!

Pelo companheirismo quando iam ao setor mesmo debaixo de chuva, para ajudar a mamãe a “prender as cabritas”.

Por terem feito todos os deveres de casa sozinhos e serem tão elogiados.

Por tanta compreensão, mesmo quando chegava gritando, e ainda me diziam.... “calma mãe já passa!”

Por passarem todas as férias em casa, e só falavam...“vem brincar mãe!”

Pelos beijos e abraços que recebia, quando ia coloca-los para dormir!

Por simplesmente serem meus filhos!!!

Mamãe ama vocês!!

SUMÁRIO

RESUMO –	iv
ABSTRACT –	v
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
1. Introdução	1
2. Revisão de literatura	2
2.1. Gênero <i>Panicum</i> cultivar Tanzânia	2
2.2. Caprinocultura no Brasil.....	3
2.3. Hábito alimentar dos caprinos	3
2.4. Índice de área foliar (IAF), índice de área foliar residual (IAFr) e interceptação luminosa (IL) em pastagens	4
2.5. Metano no ambiente	6
2.6. Metano como perda de energia	7
2.7. Formação de metano entérico	8
2.8. Alternativas para mitigação de metano.....	12
2.9. Taninos	14
3. Referências bibliográficas.....	17
CAPÍTULO 2 - DETERMINAÇÃO DA PRODUÇÃO DE METANO POR CAPRINOS EM PASTAGEM	24
RESUMO –	24
1. Introdução	25
2. Material e métodos.....	27
2.1. Local e Período Experimental	27
2.2. Análise estatística.....	35
3. Resultados	35
EXPERIMENTO 1.....	35
EXPERIMENTO 2.....	37
4. Discussão.....	39
EXPERIMENTO 1.....	39
EXPERIMENTO 2.....	41
5. Conclusões	43
6. Referências bibliográficas.....	44

CAPÍTULO 3 - DETERMINAÇÃO DA PRODUÇÃO DE METANO POR CAPRINOS SOB PASTEJO INTERMITENTE	48
RESUMO.-	48
1. Introdução	49
2. Material e métodos.....	50
2.1. Local e dados meteorológicos	50
2.2. Adubação e solo da área experimental.....	51
2.3. Período, área, animais experimentais e método de pastejo	51
2.4. Massa e componentes morfológicos do capim-tanzânia	52
2.5. Procedimentos na aferição de metano ruminal.....	53
2.6. Estimativa de consumo	55
2.7. Coleta e análise químico-bromatológica	56
2.8. Análise Estatística.....	56
3. Resultados	57
4. Discussão.....	59
5. Conclusões	64
6. Referências bibliográficas.....	65
CAPÍTULO 4 – EFEITO DO TANINO NA EMISSÃO DE METANO EM CAPRINOS A PASTO	69
Resumo -	69
1. Introdução	70
2. Material e métodos.....	71
2.1. Local e dados meteorológicos	71
2.2. Adubação e solo da área experimental.....	72
2.3. Área, período experimental e método de pastejo	73
2.4. Massa total do capim-tanzânia	73
2.5. Coleta e análise químico-bromatológica da forragem.....	74
2.6. Animais experimentais e tratamentos	75
2.7. Mensuração de metano ruminal.....	76
2.8. Estimativa de consumo	77
2.9. Período de adaptação, fornecimento de tanino e coleta de metano ...	78
2.10. Análise estatística	79
3. Resultados	80
4. Discussão.....	83

5. Conclusão	88
6. Referências bibliográficas.....	89

PRODUÇÃO DE METANO EM CAPRINOS SOB PASTEJO

RESUMO –

O objetivo desse estudo foi adequar a metodologia do gás traçador, hexafluoreto de enxofre (SF_6), para mensurar a emissão de metano em caprinos, investigar a influência do resíduo pós pastejo medida pelo índice de área foliar residual (IAFr), nas características de pasto de capim-tanzânia e na emissão de metano, e comparar a emissão de metano por cabras sob pastejo intermitente com e sem a adição de tanino condensado. Foi utilizado um animal para realizar as adaptações pertinentes à taxa de emissão da capsula de permeação, e ao recipiente coletor dos gases. Para confirmar as adequações realizadas, foram utilizadas 5 cabras adultas para mensuração da produção de metano. Na investigação da influência de três intensidades de pastejo (0,8; 1,6 e 2,4 IAFr) foram utilizadas 15 cabras adultas. Na comparação da emissão de metano com e sem tanino, foram utilizadas 12 cabras adultas. As adaptações mostraram-se adequadas e permitiram a quantificação do metano em cabras. A maior correlação entre as concentrações de metano e SF_6 , foi verificado quando se utilizou a cápsula com a menor taxa de emissão do gás traçador. O IAFr influenciou as variáveis matéria seca total e matéria seca de colmo no pré pastejo, e no pós pastejo apenas a variável matéria seca de folha. Para as variáveis relacionadas com o metano: emissão de metano por animal, por peso metabólico, por matéria seca ingerida e porcentagem de energia perdida na forma de metano, não foram encontradas diferenças estatísticas entre os níveis de IAFr, e as médias foram de 18,1 g/animal; 0,88 g/peso metabólico; 34,9 g/MS ingerida; e 11%, respectivamente. Foi observado que a massa de resíduo pós pastejo em função do IAFr afetou características do pasto e consumo, mas não a emissão de metano por cabras da raça Anglo Nubiano. Não foi observada diferença na emissão com e sem o fornecimento do tanino. O valor da emissão de metano de 0,88 g/peso metabólico pode ser utilizado como referência e para comparação com novos estudos de emissão desse gás pelos caprinos.

Palavra chave – ruminante, gases de efeito estufa, tanino, gramínea tropical.

ABSTRACT –

This study aimed to adapt the methodology of sulfur hexafluoride tracer technique (SF₆), to measure methane emissions in goats, and to investigate the influence of grazing intensity measured by the residual leaf area index (IAFr), in the characteristics of tanzania grass pasture, and to compare the methane emissions from intermittent grazing in goats with and without the addition of condensed tannin. An animal was used to achieve appropriate adjustments to the emission rate of permeation of the capsule, and to the gas collecting vessel. To confirm the adjustments made, five adult goats were used for measurement of methane production. In investigating the influence of three grazing intensities (0.8, 1.6 and 2.4 IAFr) 15 adults goats were collected. To compare the methane emission with and without tannin, 12 goats were used. The adjustments were suitable and allowed the quantification of methane in goats. The highest correlation between the concentrations of methane and SF₆, was observed when using the capsule with the lowest emission rate of the tracer gas. The IAFr influenced linearly the variables dry matter and total dry matter of stem pre grazing, and on post grazing only the dry leaf variable. For the variables related to methane: methane emission per animal, per metabolic weight for dry matter intake and percentage of energy lost as methane, there were no statistical differences between treatments IAFr, and the averages were 18, 1 g / animal; 0.88 g / metabolic weight, 34.9 g / DMI and 11%, respectively. The variable intake increased linearly with increasing IAFr. It was observed that grazing intensity depending on IAFr affected the characteristics of the pasture, and consumption, but not methane emission by Anglo Nubian goats. No difference was observed in the emission with and without the tannin supply. The methane emissions of 0.88 g / metabolic weight can be used as a reference and for comparison with further studies of this gas emission by goats.

Keywords – goats, greenhouse gas, tropical grass, ruminants.

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. Introdução

A demanda mundial por alimento de qualidade, produzido de forma natural e sustentável, vem crescendo ano a ano, ao lado da consciência da importância do respeito aos animais e ao ambiente de criação. Tal fato, associado ao grande potencial produtivo das gramíneas forrageiras tropicais, favorece a produção de animais criados soltos em pasto, proporcionando níveis satisfatórios de produtividade a baixo custo.

A produção animal com base nas pastagens pode ser entendida como um processo que se inicia na compreensão da planta forrageira e vai até sua conversão em produto animal (HODGSON, 1990).

Técnicas experimentais que possibilitam melhor entendimento dos fatores condicionantes das gramíneas tropicais e de melhorias no processo de conversão alimentar vêm sendo estudadas, porém outra importante abordagem é o impacto desse processo no que tange a emissão dos gases de efeito estufa.

Dentre os gases de efeito estufa, o metano (CH_4) é o segundo gás mais emitido para o ambiente, sendo que no setor agropecuário, os ruminantes são responsáveis por emitir cerca de 80 milhões de toneladas/ano (BEAUCHEMIN, 2008).

Com população mundial de 808,9 milhões de caprinos (FAO, 2012), e aumento do número de animais no Brasil (IBGE, 2006), o estudo da emissão de metano por estes animais a pasto se faz necessário para verificar o verdadeiro impacto no aquecimento global adicional.

A produção de metano do animal, e consequentemente eliminação para o ambiente, é decorrência do processo digestivo inerente aos animais classificados como ruminantes. Esta eliminação de CH_4 representa perda de energia para os ruminantes, o que acarreta em redução na produtividade, seja pelo menor ganho em peso, na produção de leite ou lã. Para estabelecer estratégias de mitigação é necessário primeiramente quantificar as emissões de metano nos animais.

Estudos mensurando a emissão de metano pelos bovinos criados em pastagem já são realizados, e estratégias para a mitigação desse gás já são encontradas na literatura (BOADI et al., 2004) porém, para caprinos este valor ainda é estimado (IPCC, 2006), existindo uma lacuna em relação ao real valor produzido pela espécie sob pastejo.

Com isso, o conhecimento prévio da produção de metano em caprinos se faz necessário para que seja possível desenvolver estratégias de mitigação desse gás nesta espécie animal.

A proposta desse estudo foi adaptar para caprinos a metodologia do gás traçador hexafluoreto de enxofre desenvolvida por Jonhson et al. (1994) para mensurar a produção de metano em pasto de capim-tanzânia, e estudar a influência da massa de resíduo pós pastejo, medida pelo IAFr, nas características da forrageira e na emissão de metano.

2. Revisão de literatura

2.1. Gênero *Panicum* cultivar Tanzânia

Segundo o IBGE (2006) o Brasil possui cerca de 174 milhões de hectares de pastagem, sendo que nas ultimas décadas as pastagens naturais diminuíram em 53%, dando espaço ao plantio de forrageiras mais eficientes.

O gênero *Panicum*, que apresenta grande potencial de produção, foi introduzido no Brasil a partir da década de 60, porém devido à menor perenidade sob lotação contínua tem sido indicado para uso em manejo rotacionado (GIMENES et al., 2009). Dentre as cultivares de *Panicum*, o *Panicum maximum* (Jacq.) cv. Tanzânia 1 foi inicialmente coletado pelo ORSTOM (Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération) em Korogwe, na Tanzânia, sendo lançado comercialmente no Brasil no ano de 1990 através de um longo processo de seleção realizado pela EMBRAPA (SANTOS, 1997).

O capim-tanzânia tem crescimento cespitoso, com altura média de 1,3m e é considerado exigente em fertilidade de solo. Possui produção anual de até 33 t/ha/ano de matéria seca total, sendo 80% de folhas (26 t/ha/ano) com

12,7% de proteína bruta e colmos com 9% (JANK et al., 1994), apresentando maior produção no período de fevereiro a março evidenciando estacionalidade de produção (SANTOS et al., 1999).

2.2. Caprinocultura no Brasil

A população caprina no Brasil foi estimada no ano de 2005 em 10 milhões de cabeças, segundo BRASIL (2010), com dados coletados do IBGE. A maior concentração do rebanho se encontra na região Nordeste, com 93%, o Sul com 4%, seguido da região Sudeste com 2,2%; Norte e Centro-Oeste apresentam 2% e 1%, respectivamente, com um aumento de 20% desde a década de 70 (IBGE, 2006).

O setor caprinocultor principalmente das regiões Nordeste e Norte sofrem com a baixa utilização das tecnologias disponíveis, possivelmente pelo precário acesso a estas informações, levando a um sistema de produção com baixa eficiência. Contudo, devido o fato da carne caprina ser considerada carne magra existe um grande potencial de venda deste produto, pois o anseio dos consumidores é de uma carne com baixa quantidade de gordura.

2.3. Hábito alimentar dos caprinos

Vários fatores têm sido descritos como responsáveis pelo hábito alimentar dos ruminantes em pastejo, dentre eles a composição morfológica da espécie forrageira consumida e seus efeitos pós ingestivo e o próprio aspecto morfológico do animal (SOLLENBERGER et al., 2001).

Umas das características dos caprinos é a capacidade seletora dos animais facilitada pelas modificações anatômicas que ajudam na apreensão dos alimentos (VAN SOEST, 1994), como lábio superior e língua com grande mobilidade que facilita esses animais a consumirem as partes mais nutritivas da forragem. Esse hábito alimentar, que classifica os caprinos como um dos ruminantes mais seletores, tende a facilitar o processo de acúmulo de colmos em gramíneas, tendência esta observada por Bratti et al. (2009) em trabalho

com azevém e aveia preta, onde os autores não conseguiam observar controle efetivo do colmo, proporcionando mudanças na estrutura do dossel, diminuindo a relação folha/colmo.

2.4. Índice de área foliar (IAF), índice de área foliar residual (IAFr) e interceptação luminosa (IL) em pastagens

Watson (1947) introduziu na ciência da pastagem o conceito de índice de área foliar (IAF) que é a divisão da área de uma das faces das folhas, pela área de solo que ocupam. Derivando desse conceito Rhodes (1971) descreveu em gramíneas temperadas o conceito de índice de área foliar crítico como sendo a condição na qual 95% da luz incidente é interceptada pela planta, dessa forma com o aumento do IAF, isso é, com mais de 95% da luz sendo interceptada, há um sombreamento das folhas localizadas na base do dossel, aumentando a taxa de senescência e acúmulo de hastes (BARBOSA et al., 2007) diminuindo a eficiência do processo de fotossíntese.

Este conceito também se demonstrou efetivo em gramíneas tropicais sob lotação intermitente, principalmente no que diz respeito à estrutura do dossel, quantidade de colmo e material morto, acúmulo de forragem, especialmente de folhas, composição morfológica, e valor nutritivo da forragem produzida (RHODES, 1971).

O conceito de índice de área foliar residual (IAFr), está associado às folhas remanescentes após o pastejo e se expressa como fator essencial à rebrotação do relvado, pois uma desfolha intensa leva a planta a usar as reservas orgânicas, para o restabelecimento, via esta mais dispendiosa.

Nascimento Junior (2008), monitorou cuidadosamente a estrutura do dossel ou o padrão de variação de plantas forrageiras como a *Brachiaria brizantha* e o *Panicum maximum* e verificou respostas variadas das plantas e dos animais em decorrência de diferentes estratégias de manejo que, segundo Lima Santos (2012), o IAFr poderia ser utilizado como ferramenta para auxiliar tal manejo.

O resíduo pós pastejo, quando relacionado à forragem depois da colheita (ALLEN et al., 2011), refletirá nas respostas da planta diante da

intensidade de pastejo ao qual foi submetido. Resíduos mais baixos proporcionam, ao longo dos ciclos de pastejo, maior remoção foliar, maior ganho por área e maior período de descanso. Por outro lado, resíduos mais altos podem ao longo dos ciclos resultarem em maior oportunidade dos animais em selecionar partes mais nutritivas, menor intervalo entre pastejo e maior resíduo morfológico de baixa qualidade como colmo e material morto (LIMA SANTOS, 2012).

O controle efetivo do efeito de alongamento de colmo e a menor quantidade de material senescido com maior renovação de tecidos sem comprometer a rebrotação foram encontrados por Costa e Silva (2011), quando este trabalhou com maiores intensidades de desfolha utilizando como ferramenta de medida o IAFr. O autor verificou também que a utilização IAFr como medida de controle da massa de resíduo pos pastejo, demonstrou ser eficaz em auxiliar a escolha da melhor intensidade de psatejo, maximizando o uso da planta sem comprometer a rebrotação. E constatou que pastos que apresentaram maior intensidade de desfolhação apresentaram menor quantidade de material senescido e maior renovação de tecidos, com controle efetivo de alongamento de colmo, corroborando com Alari (2012).

Alari (2012) e Costa e Silva (2011) estudaram o efeito de diferentes intensidades de pastejo representadas por três IAFr e encontraram menor produção de massa seca total para o menor IAFr estudado (0,8) e maior alongamento de colmo no IAFr de 2,4 sendo que a melhor relação folha/colmo foi encontrada por Lima Santos (2012) no IAFr de 0,8 o que, segundo Paulino *et al.* (2007) uma alta relação folha :colmo é desejada por proporcionar maior quantidade de tecidos com células contendo parede celular menos lignificadas. Uma crescente elongação de colmo aumenta a proporção fibra da planta o que leva a aumento na produção e emissão de metano pelo animal (KURIHARA *et al.*, 1999).

Estratégias de manejo de pasto que visem melhoria da produção de forragem tanto em quantidade como em qualidade têm sido indicadas para produção de ciclo curto e aumentar a eficiência da atividade pecuária (CORSI e GOULART, 2006; PAULINO *et al.*, 2012), este pensamento vai de encontro com as estratégias indicadas para diminuir a emissão de metano entérico produzidas pelos ruminantes (BERNDT, 2011), pois segundo WAGHORN *et al.*

(2002) o valor de emissão de metano advindo de animais alimentados com pastagem de baixa qualidade pode ter valor até duas vezes superior aos valores de metano emitidos por animais alimentados com forragens frescas e de boa qualidade e estas emissões, segundo o autor, estão relacionadas às concentrações de fibra no pasto.

2.5. Metano no ambiente

O aquecimento global é um fenômeno essencial e vital para a manutenção da vida na Terra, pois sem ele, estima-se que o planeta seria em torno de 34⁰C mais frio, e esta manutenção da temperatura ocorre devido aos gases presentes na atmosfera como o vapor d'água, dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) e ozônio (O₃) (MCT, 2010). Devido a capacidade desses gases de reter calor, o aumento nas concentrações desses gases acarretaria em maior retenção do calor solar, podendo levar a um aumento na temperatura terrestre.

De acordo com o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (International Panel of Climate Change - IPCC, 2007), as concentrações atmosféricas globais de alguns gases aumentaram em consequência das atividades humanas desde 1750. Assim, os valores pré-industriais de 280 ppm de CO₂, 715 ppb de CH₄ e 270 ppb de N₂O, aumentaram para 379 ppm de CO₂, 1774 ppb de CH₄ e 319 ppb de N₂O em 2005.

Em relação aos gases, de acordo com o IPCC (2007) a contribuição relativa de efeito estufa de origem antrópica em termos de CO₂eq no mundo em 2004 é de 76% para o CO₂, de 14% para o CH₄ e os outros 10% relativos a outros gases. Deve-se esclarecer, no entanto, que em termos globais a proporção de gás carbônico é significativa em relação aos outros gases e este é apontado como um dos maiores responsáveis pelo aquecimento global (BERNDT, 2011), porém o metano em particular, possui potencial de aquecimento global 21 vezes maior que o dióxido de carbono (IPCC, 2007).

As fontes emissoras de gases de efeito estufa foram divididas pelo IPCC (2007) em setores e as participações foram quantificadas em termos globais na

emissão desses gases, sendo o Setor Agrícola considerado responsável por 13,5% do total.

Em termos globais, dos 14% de metano em relação ao total dos gases emitidos na atmosfera, os ruminantes são responsáveis pela emissão de 1/4 desse valor o que corresponde, a 3,5% do valor total mundial de metano emitido.

De acordo com o documento “Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima” (MCT, 2010) no ano de 2005, a emissão antrópica de metano foi de 18.107 Gg e o Setor Agrícola é responsável por emitir 70,5% desse valor (12.768 Gg), e nesse setor os ruminantes são responsáveis por emitir 90%, que correspondem a 11.487Gg.

2.6. Metano como perda de energia

A produção de metano pelos ruminantes faz parte do processo fisiológico do animal herbívoro, conhecido como digestão. A digestão fermentativa que ocorre no rúmem é realizada por microorganismos ruminais que convertem o alimento ingerido, principalmente os carboidratos, em ácidos graxos de cadeia curta, que são utilizados como fonte de energia pelo animal. Esta fermentação também gera subprodutos indesejáveis como o dióxido de carbono (CO_2), hidrogênio (H_2) e metano (CH_4). Segundo Murray (1976), $87 \pm 1.2\%$ da produção total de metano ocorre no rúmem e $95 \pm 1.4\%$ do metano ruminal é excretado via eructação (boca e nariz).

A emissão de metano pelos ruminantes está relacionada à diminuição da eficiência de transformação de energia em produção, de carne, leite ou lã, e pode variar em função da espécie animal, da categoria animal, do sistema de manejo, da dieta e estado fisiológico em que o animal se encontra (PEDREIRA e PRIMAVESI, 2006; PEDREIRA et al., 2005).

Estudos têm sido conduzidos para quantificar e mitigar esse gás produzido e emitido pelos ruminantes, com a finalidade de diminuir o aumento do efeito estufa adicional, bem como a perda de energia ingerida pelos animais. De acordo com Blaxter e Clapperton (1965) a emissão de metano

representa nos ruminantes perda de 5 a 8% da energia bruta ingerida, já Crutzen (1986) considera que as perdas estão entre 5 e 9%, porém Johnson e Johnson (1995) relataram uma variação de 2 a 12%. Harper et al. (1999), encontraram uma perda de 7,7 a 8,4% da energia bruta ingerida para animais em pastejo e de 1,9 a 2,2% quando os animais eram alimentados com dietas de contendo alta proporção de grãos, já o IPCC (IPCC, 1996), considerada média de 6% de perda de energia bruta ingerida.

O percentual de CH₄ perdido a partir da energia bruta ingerida (EBi) é estimado entre 5,5% e 6,5% (USEPA, 2000) pelas estimativas na América do Norte e Leste Europeu. Canesin (2009) verificou que a perda de energia na forma de metano (CH₄% EBi) foi de 8,5% e 12,3% nos meses de setembro e novembro, respectivamente. Neste estudo, a baixa ingestão e alta disponibilidade de carboidratos na dieta, proporcionaram altas perdas de energia na forma de metano. O mesmo foi observado por Kurihara et al. (1999) em estudo com bovinos alimentados com gramíneas de clima tropical, onde encontraram perdas de energia de 10,4% com capim-rodes (*Chloris gayana*) e 11,4% com capim-engleton (*Dicanthium aristatum*). Altas perdas de energia na forma de metano foram verificadas por Primavesi et al. (2004), em vacas lactantes e secas, com valores médios de 10,6 e 9,1% respectivamente, e em novilhas mantidas em pastagem com e sem adubação, observaram perdas de 9,6 a 7,8% respectivamente.

2.7. Formação de metano entérico

Nos ruminantes, a celulose e outros polissacarídeos presentes na parede celular de vegetais, representam um forte potencial de fonte de energia. Para tal aproveitamento ocorre uma relação de simbiose mutualística entre o ruminante e os microrganismos presentes no rúmem (ARCURI, 2011).

Quando o alimento chega ao rúmem, ele é atacado por microorganismos que geram energia na forma de ATP (adenosina tri-fosfato) para o próprio crescimento. Deste processo de geração de energia são formados outros compostos, como os ácidos graxos de cadeia curta – AGCC, tendo como principais o acetato, propionato e butirato; mas também produzem outros

compostos como a amônia (NH_3); dióxido de carbono (CO_2); metano (CH_4), H_2 (hidrogênio), lactato e álcool (VALADARES FILHO e PINA, 2011). Os ácidos acético, propiônico e butírico são predominantemente produzidos na fermentação de carboidratos provenientes das plantas, com maior concentração para o ácido acético, embora a proporção em relação aos outros gases possa variar consideravelmente dependendo da natureza da dieta (BERGMAN, 1990).

No ambiente anaeróbio do rúmem, estes microorganismos são agrupados em três grandes grupos: bactérias, protozoários e fungos, que possuem interações entre eles onde o subproduto da digestão de um é o substrato para a outra espécie (MOSS, 1993, citado por LONGO, 2007), chamadas de relação sintrófica (HEGARTY & GERDES, 1999).

Os microorganismos ruminais mais estudados, são o grupo *Archaea*, que formam o grupo das metanogênicas, e as bactérias que são o grupo formados principalmente pelas bactérias ligadas à degradação da fibra vegetal.

Segundo Arcuri (2011), vários autores indicam que as principais espécies de bactérias fermentadoras de carboidratos estruturais (celulolíticas ou fibrolíticas) são as *Ruminococcus flavefaciens*, *R. albus*, *Fibrobacter succinogenes* e *Butyrivibrio fibrisolvens*. Estas espécies produzem principalmente ácido acético (C2), propiônico (C3), butírico (C4), succinato, formato, CO_2 e H_2 .

A proporção e a quantidade desses ácidos e seus subprodutos dependem da dieta ingerida pelo animal, da frequência de fornecimento, da quantidade e proporções volumoso:concentrado, sendo que rações ricas em grãos favorecem a maior formação do ácido propiônico, enquanto que dietas ricas em volumosos favorecem a produção de ácido acético.

Os ácidos (acético, propiônico e butírico) são absorvidos pelo animal e utilizados como fonte de energia, seja ela utilizada na lipogênese ou gliconeogênese.

Durante a fermentação ruminal com utilização das hexoses e consequente formação dos ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), são produzidos diferentes quantidades de hidrogênio e gás carbônico e estas quantidades dependem do AGCC produzido, segundo Pedreira et al., (2005) com esquema adaptado de Hungate (1966), demonstrado na Figura 1.

Segundo os mesmos autores a maior produção de H_2 ocorre durante a produção do ácido acético e butírico.

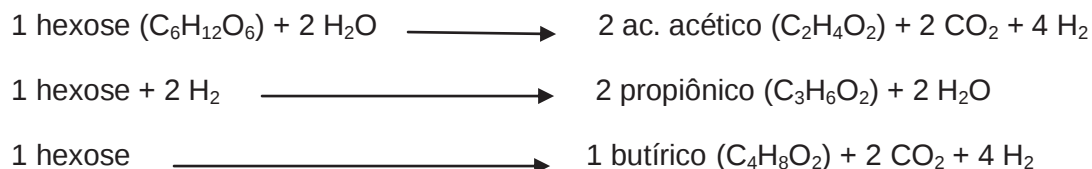


Figura 1 - Esquema de produção de ácidos graxos voláteis (AGV) no rúmem (HUNGATE, 1966).

O hidrogênio (H_2) e o íon hidrogênio, por sua vez é um produto de descarte do metabolismo de alguns microorganismos. O hidrogênio, na síntese de metano, pode ocorrer em três formas no rúmem, do hidrogênio na forma de H_2 , cofatores de redução (Nicotinamida Adenina Dinucleotídeo - NADH e Nicotinamida Adenina Dinucleotídeo na sua forma reduzida - NADPH) e na forma de próton livre (H^+). O gás hidrogênio (H_2) é raramente acumulado em concentrações maiores que 1% do total de gás acumulado pela fermentação, por outro lado, o hidrogênio (H) na forma de íon é produzido em altas concentrações e tem um papel importante na regulação da fermentação ruminal (HEGARTY e GERDES, 1999), pois pode alterar o esquema metabólico dos microorganismos produtores de H_2 , reduzindo ou aumentando a pressão parcial do rúmem.

As bactérias *Fibrobacter succinogenes* são as mais abundantes no rúmem, e são responsáveis pela produção de succinato, formato e propionato, que não produz hidrogênio e a recuperação do NAD se faz através da via de produção do succinato. Por não produzir hidrogênio, não precisam viver em relação sintrófica com as metanogênicas.

As bactérias *Ruminococcus flavefaciens* crescem em co-cultura com as metanogênicas, e são responsáveis pela produção de acetato e H_2 em detrimento da produção de succinato. A diminuição do succinato e aumento do acetato devido a relação sintrófica têm profundas consequências na produção animal, tanto em carne, leite, lã ou couro (LONGO, 2007), pois a produção de

acetato é a via mais dispendiosa em termos de perda de energia para formação de metano, porém é acompanhado pelo maior aumento da produção de ATP, o que converte em crescimento microbiano.

Apesar da grande oscilação na população microbiana e na ingestão de alimento, as proporções de AGCC no rúmex do animal tendem a ser estáveis com valores próximos de 65:25:10 moles de acetato:propionato:butirato para rações a base de forragem e de 50:40:10 para rações baseadas em concentrados (NUSSIO et al., 2011). Com pequenas proporções de concentrado há uma rápida fermentação e uma elevada disponibilidade de energia, o que leva a uma maior produção de H_2 metabólico. Produções maiores de H_2 , desde que não haja grande queda no pH, resulta em maior crescimento dos organismos metanogênicos, porém o excesso de redutores ($NADH_2$) trocados em pH baixo faz com que seja deslocada a rota do piruvato para formação de lactato e propionato. A presença do ácido láctico acelera a queda do pH e diminui a produção de metano pela inativação dos organismos metanogênicos (sensíveis a pH baixo) e este processo pode levar o animal ao quadro de acidose (NUSSIO et al., 2011).

Os organismos metanogênicos e as redutoras de fumarato são os principais microorganismos responsáveis pela utilização do hidrogênio como doadores de elétrons e consequente produção de metano.

Os organismos do grupo *Archaea*, dos quais fazem parte as metanogênicas, são responsáveis pela produção de metano (CH_4), e as principais espécies são as *Methanobrevibacter* sp., *Methanosarcina* sp., *Methano microbium* sp. e *Methanobacterium* sp. (VALADARES FILHO e PINA, 2011), e estes microorganismos estão intimamente ligados com os protozoários e bactérias.

O metano formado é de fundamental importância, pois tem o papel de servir como dreno de hidrogênio, viabilizando o funcionamento do rúmex pela diminuição parcial de H_2 (JOHNSON e JOHNSON, 1995), possibilitando a regeneração do NAD (Nicotinamida Adenina Dinucleotídeo) que é utilizada em várias vias metabólicas pelas bactérias fibrolíticas. A inibição da re-oxidação do NADH e o acúmulo de lactato ou etanol, ocasiona queda no pH ruminal, levando a uma diminuição do crescimento das bactérias fibrolíticas, principalmente as espécies *Ruminococcus albus* e *Ruminococcus flavefaciens*,

e consequente diminuição da degradabilidade da fibra (PEDREIRA et al., 2005) e síntese de ácidos graxos voláteis (AGV).

Outra vantagem para o ruminante com a presença do grupo *Archaea* é o melhor desenvolvimento das outras espécies de microorganismos que possuem relação sintrófica com as metanogênicas levando ao aumento na massa microbiana (LONGO, 2007).

O grupo *Archaea* produz o metano utilizando-se de diversas fontes de substrato como H_2 , CO_2 , formato, acetato, metanol e metilaminas, mas segundo Oliveira (2005), citando Blaxter (1989), o grupo *Archaea* produz metano preferencialmente utilizando hidrogênio e dióxido de carbono de acordo com a equação: $4H_2 + CO_2 \longrightarrow CH_4 + 2H_2O$, estando assim a produção de metano intimamente ligada à produção inicial de hidrogênio (HEGARTY e GERDES, 1999), onde 4 moles de hidrogênio são requeridos para formação de 1 mol de metano.

A quantidade de metano formada depende da quantidade de hidrogênio que deve ser consumida e a quantidade de hidrogênio produzida está relacionada com os produtos finais (acetato, propionato e butirato) obtidos pela fermentação dos carboidratos. Como a produção de metano está associada à disponibilidade do substrato, nas rações ricas em forragens a equação que caracteriza a formação de metano é: $15 \text{ glucose} = 18 \text{ acetato} + 6 \text{ propionato} + 3 \text{ butirato} + 15CO_2 + 9CH_4 + 18H_2O$, com rações ricas em cereais a equação é: $15 \text{ glucose} = 10 \text{ propionato} + 5 \text{ butirato} + 15CO_2 + 5CH_4 + 10H_2O$ (NUSSIO et al., 2011).

A produção de metano está intimamente relacionada à presença dos organismos metanogênicos e estas são sensíveis ao aumento na taxa de fermentação, ao aumento da taxa de passagem da digesta, do decréscimo da ruminação ou do pH, sendo estes os fatores que reduzem a quantidade de hidrogênio disponível para formação de metano (NUSSIO et al., 2011).

2.8. Alternativas para mitigação de metano

Muitos esforços vêm sendo realizados com o intuito de diminuir a perda de energia do alimento na forma de metano, tanto para melhorar a resposta animal como para diminuir a quantidade do gás metano liberado na atmosfera.

Algumas alternativas para a redução do gás metano são a redução do número de animais, mantendo o mesmo nível de produção; identificação e utilização de animais com menores emissões de metano; adição de grãos na dieta; melhoria na qualidade da forragem e manipulação da fermentação ruminal. Pode-se considerar também como forma de diluir a produção de metano a utilização de estratégias que aumentem o consumo e a eficiência metabólica, bem como a utilização de extratos ou espécies forrageiras que contenham na sua composição compostos que reduzam de alguma forma a emissão de metano. No entanto, algumas dessas estratégias podem ser eficientes, mas economicamente inviáveis o que as tornariam inapropriadas para o sistema de produção animal (BEAUCHEMIN et al., 2008; LONGO, 2007).

A utilização de espécies forrageiras que possuem efeito atenuante na produção de metano vem sendo estudada. Ulyatt et al. (2002), em trabalho utilizando vacas leiteiras e cordeiros, com gramínea C4 (*Pennisetum clandestinum* - Kikuyo), e pasto nativo da Nova Zelândia, encontraram redução na emissão de metano, quando este gás foi mensurado nos animais que estavam em piquetes mistos com forrageira C3. Os autores acreditam que a diminuição da emissão de metano nos animais que estavam nos piquetes mistos, estava relacionada com a menor proporção de parede celular presentes nas plantas C3.

Diferentes valores de emissão de metano foram observados por Waghorn et al. (2002) em cordeiros alimentados com diferentes fontes forrageiras. Os autores verificaram diminuição de 16% na emissão de metano quando se comparou forrageiras que continham tanino condensado com as demais sem o composto. Possenti et al. (2008) também encontraram diminuição na emissão de metano em bovinos alimentados com diferentes proporções de leucena e levedura na dieta. Sun et al. (2012) trabalharam com cordeiros e também encontraram diminuição na emissão de metano com diferentes forragens quando comparadas com a emissão de metano utilizando o *Lolium perenne* como forrageira padrão.

Plantas forrageiras com compostos secundários bem como os extratos estão sendo estudadas como estratégias de mitigação de metano. Waghorn et al., (2002) trabalhando com ovinos e Woodward et al. (2001) com gado leiteiro

observaram redução na emissão de metano quando os animais eram alimentados com leguminosas ricas em tanino. Os mesmos efeitos também foram encontrados por Puchala et al. (2012), Animut et al. (2008) e Beauchemin et al. (2007) com o emprego de taninos e saponinas.

2.9. Taninos

Os taninos são compostos secundários da planta e recebem esta denominação por não estarem envolvidos em processos essenciais na planta como a fotossíntese, respiração e transpiração. Para a planta esse composto possui a função de proteção contra ataques e/ou consumo por patógenos ou animais herbívoros (NRC, 2007), e as concentrações podem variar com a espécie da planta, fertilidade do solo e condições climáticas.

Normalmente, os taninos são encontrados nos vacúolos das células das folhas e não interferem no metabolismo da planta, e só são expostos com a ruptura das células por choque mecânico ou mastigação.

Os taninos são substâncias polifenólicas, com pesos moleculares variados (200 a 3.000 Daltons) e de várias complexidades (HASLAN, 1966, citado por CABRAL FILHO, 2004), capazes de formar ligações com proteínas, polissacarídeos e aminoácidos, em ligações hidrofóbicas, pontes de hidrogênio, iônicas e covalentes.

Os taninos podem ser classificados em hidrolisáveis ou condensados. Os hidrolisáveis são caracterizados como poliésteres de ácidos fenólicos, com uma cadeia de carboidrato central, geralmente a D-glicose. Os taninos condensados ou proantocianidinas podem ser caracterizados como polímeros de moléculas de flavan-3-ols unidas através de ligações carbono-carbono (MUELLER-HARVEY e McALLAN, 1992, citado por CABRAL FILHO, 2004)

A unidade básica do tanino condensado é o grupo flavanol, apresentando monômeros como catequinas ligadas à posição 2 e 3 do anel C. Os substituintes dos grupos, ou radicais R1, R2 e R3 podem ser H, OH ou polímeros (moléculas) que dependendo da ligação afetam a reatividade (SCHOFIELD et al., 2001) (Figura 2).

Em nutrição animal os taninos são classificados como fator antinutricional, principalmente em monogástricos. Nos ruminantes existe certa tolerância na ingestão desse composto devido à presença dos microorganismos ruminais que diminuem os efeitos negativos. Entretanto, outro efeito cuja finalidade tem despertado o interesse de pesquisadores é a redução da metanogênese ruminal e na variação da produção dos AGCC (LONGO et al., 2007; OLIVEIRA, 2005).

Os taninos, dependendo da concentração e da natureza, ao se ligarem a proteínas podem, nessa forma, comportar-se de forma “by-pass”, ou podem diminuir a digestibilidade e a retenção de nitrogênio. Entretanto, tanto os efeitos benéficos como os maléficos dependem não só da concentração como da forma química e da espécie e estado fisiológico do animal (GOEL e MAKKAR, 2012).

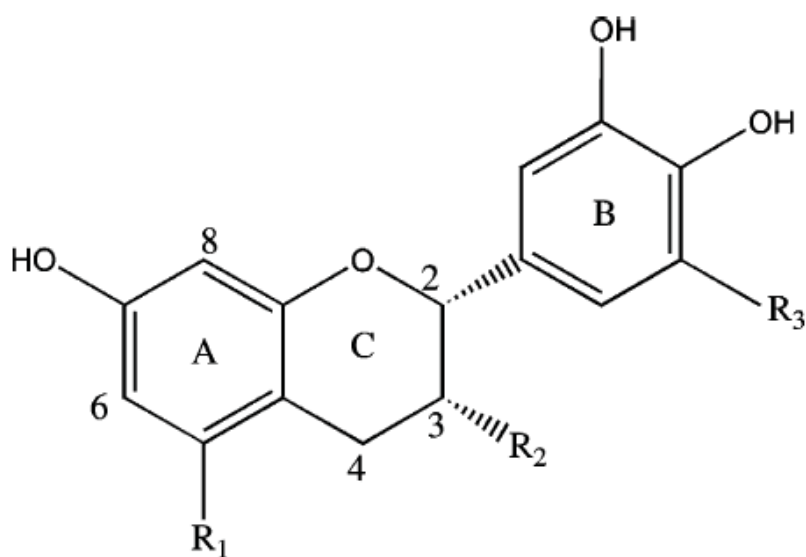


Figura 2 - Unidade básica dos taninos condensados (flavanol). Adaptado de Schofield et al. (2001).

O tanino também tem efeito sobre as bactérias do rúmem com ação bacteriostática, dificultando a adesão na parede celular ou complexando com algumas enzimas digestivas (GUIMARÃES-BEELEN et al., 2006). Segundo Valadares Filho e Pina (2011) alguns trabalhos têm mostrado correlação

negativa entre digestibilidade e concentração de compostos fenólicos na parede celular de forragens, que foram tóxicos aos microorganismos ruminais, e que impediram a adesão das bactérias fibrolíticas à fibra diminuindo a digestão ruminal de carboidratos e também a da proteína.

Outro efeito negativo relativo ao tanino é a queda no consumo voluntário, que está relacionada com a formação de complexos entre tanino e glicoproteínas da boca, causando adstringência (CABRAL FILHO, 2004).

A revisão feita por Oliveira e Berchielli (2007), citando vários autores, relata que ao longo do processo evolutivo os animais desenvolveram estratégias alimentares para diminuir os efeitos negativos do tanino sobre o metabolismo. Estas estratégias possivelmente são: mudança no comportamento seletivo dos animais, adaptação do ambiente ruminal, adaptação do trato digestivo, bem como o aumento das glândulas salivares. Os autores ainda relatam que a presença de proteínas ricas em prolina na saliva dos animais também constitui defesa contra os taninos na dieta, contudo esta proteína não foi observada em bovinos, ovinos e caprinos.

O uso de tanino dependendo da forma e da concentração pode ser utilizado de forma positiva como otimizador do processo ruminal, pelo sincronismo na liberação de nutrientes. Outro efeito descrito por autores citados por Oliveira e Berchielli (2007) é que com a presença do tanino pode haver um efeito deletério nos organismos metanogênicos, diminuindo a produção de metano por unidade de matéria seca ingerida (ANIMUT et al., 2008; WAGHORN et al., 2002)

Estudos têm sido realizados para verificar o efeito do tanino na produção de metano, porém, nos estudos, o efeito do tanino na emissão de metano pode ser decorrente da qualidade da forragem ou da presença ou quantidade do composto consumido, uma vez que este composto é fornecido via forragem rica no composto, ficando assim, difícil a comparação entre os trabalhos (BEAUCHEMIN et al., 2008). Uma alternativa para padronizar e estudar o real efeito do tanino na mitigação de metano é o uso do extrato de tanino.

3. Referências bibliográficas

ALARI, F. O. **Morforgênese e estrutura de pastos de capim-tanzânia manejados com diferentes índices de área foliar residual, mantido sob lotação intermitente por caprinos**. 2012. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Jaboticabal -SP. 2012.

ANIMUT, G.; PUCHALA, R.; GOETSCH, A. L.; PATRA, A. K.; SAHLU, T.; VAREL, V. H.; WELLS, J. Methane emission by goats consuming diets with different levels of condensed tannins from lespedeza. **Animal Feed Science and Technology**. v. 144, p. 212–227, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.10.014>>.

ARCURI, P. B.; LOPES, F. C. F.; CARNEIRO, J. C. Microbiologia do rúmen. In: BERCHIELLI, T.T; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Ed). **Nutrição de Ruminantes**. 2. Ed. Jaboticabal: FUNEP, 2011. p. 115-147.

BARBOSA, R. A.; NASCIMENTO JR., D.; EUCLIDES, V. P. B.; SILVA, S. C. DA; ZIMMER, A. H.; TORRES JUNIOR, R. A. A. Capim – tanzânia submetido a combinações entre intensidade e frequência de pastejo . **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 3, p. 329-340, 2007.

BEAUCHEMIN, A. K.; KREUZER, M.; O'MARA, F.; MCALLISTER. A. T. Nutritional management for enteric methane abatement: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v. 48, n. 2, p. 21–27, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1071/EA07199>>.

BERGMAN, E. N. Energy Contributions of Volatile Fatty Acids From the Gastrointestinal Tract in Various Species. **Physiological Reviews**. v. 70, n. 2 p. 567, 1990.

BERNDT, A. Impacto da pecuária de corte brasileira sobre os gases do efeito estufa. In. SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 7., 2011, Viçosa. Disponível em:<http://www.simcorte.com/index/Palestras/7_simcorte/simcorte8.PDF>. Acesso em: 20 fev. 2013.

BLAXTER, K. L.; CLAPPERTON, J. L. Prediction of the amount of methane produced by ruminants. **British Journal Nutrition**. v. 19, n. 1, p. 511, 1965. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1079/BJN19650046>>.

BOADI, D.; BENCHAAR, C.; CHIQUETTE, J.; MASSÉ D. Mitigation strategies to reduce enteric methane emissions from dairy cows: update review. **Canadian Journal of Animal Science**. Ottawa, v. 84, n. 3, p. 319-335, 2004.

BRAGA, G. J. **Contribuição da pastagem para o seqüestro de carbono**. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 23: 2006, Piracicaba, SP.. **Anais...**Piracicaba: FEALQ, 2006. p. 271-296.

BRATTI, L. F.; DITTRICH, J. R.; BARROS C. S.; DA SILVA, C. J. A.; MONTEIRO, A. L. G.; ROCHA, C.; ROCHA, F. M. F. Comportamento ingestivo de caprinos em pastagem de azevém e aveia-preta em cultivo puro e consorciado. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 10, n. 2, p. 397-405, 2009.

CABRAL FILHO, S. L. S. **Efeito do teor de tanino do sorgo sobre a fermentação ruminal e parâmetros nutricionais de ovinos**. 2004. Tese (Doutorado em Ciências) - Centro de energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004

CANESIN, R. C. **Frequência da suplementação de bovinos da raça nelore mantidos em pastagem**. 2009. 119 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Jaboticabal, 2009.

CORSI, M.; GOULART, R. **O sistema de produção de carne e as exigências da sociedade moderna**. In: Simpósio sobre Manejo de Pastagem, 23, 2006, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2006, p. 7-36.

COSTA E SILVA, V. **Morfogênese, estrutura e dinâmica de perfilhamento de capim-tanzânia manejado com diferentes IAF residual, sob pastejo de cabras Anglonubiano**. 2011. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Jaboticabal -SP. 2011.

CRUTZEN, P. J.; ASELMANN, I.; SEILER, W. Methane production by domestic animals, wild ruminants, other herbivorous fauna, and humans. **Tellus**, Hoboken, v. 388, n. 3-4, p. 271-284, 1986. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0889.1986.tb00193.x>>.

DA SILVA, S.C. **Comportamento animal em pastejo**. In: Simpósio sobre manejo da pastagem, 23, 2006, Piracicaba, SP. **Anais...**Piracicaba: FEALQ, 2006, p. 221-248.

FAO . FAOSTAT. Statistics database 2010. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/default.aspx>> Acesso em 16 janeiro 2013.

GIMENES, M. J.; PRADO, E. P.; CHRISTOVAM, R. S.; DAL POGETTO, M. H. F. A. Interferência de densidades de *Brachiaria brizantha* sobre plantas daninhas em consórcio com milho. **Revista Trópica - Ciências Agrárias e Biológicas**, Chapadinha, v. 4, n. 1, p. 25-31, 2009.

GOEL, G.; MAKKAR, H. P. S. Methane mitigation from ruminants using tannins and saponins. **Tropical Animal Health and Production**. v. 44, p. 729–739, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11250-011-9966-2>>.

GUIMARÃES-BEELEN, P. M.; BERCHIELLI, T. T.; BUDDINGTON, R.; BEELEN, R. Efeito dos taninos condensados de forrageiras nativas do semi-árido nordestino sobre o crescimento e atividade celulolítica de *Ruminococcus flavefaciens* FD1. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 58, n. 5, p. 910-917, 2006.

HARPER, L. A.; DENMEAD, O. T.; FRENEY, J. R.; BYERS, F. M. Direct measurements of methane emissions from grazing and feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 77, p. 1392-1401, 1999. Disponível em: <<http://www.journalofanimalscience.org/content/77/6/1392>>.

HEGARTY, R. S.; GERDES, R. Hydrogen production and transfer in the rumen. **Recent Advances in Animal Nutrition in Australia**, Armidale, v. 12, p. 37-44, 1999.

HODGSON, J. **Grazing management—science into practice**. Essex: Longman Scientific & Technical, 1990, 203p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: **Senso Agropecuário. Brasileiro**, 2006.

IPCC - Painel intergovernamental sobre mudança do clima. **Mudança do Clima 2007: A base das ciências físicas**. Contribuição do Grupo de Trabalho I ao Quarto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima. Sumário para os Formuladores de Políticas 2007. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0015/15130.pdf> Acessado em 20 março 2013.

IPCC – Intergovernmental panel on climate change. **Revised IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories**: Reference manual. - Emissions from livestock and manure management. Cambridge: University Press, 2006.

JANK, L.; SAVIDAN, Y. H.; SOUZA, M. T.; COSTA, J. C. G. Avaliação do germoplasma de *Panicum maximum* introduzido da África. 1. Produção forrageira. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa v. 23, n. 3, p. 433-440, 1994.

JOHNSON, K. A; JOHNSON, D. E. Methane emissions from cattle. **Journal of Animal Science**. Champaign, v. 73, p. 2483-2492, 1995. Disponível em: <<http://jas.fass.org/content/73/8/2483>>.

KURIHARA, M.; MAGNER, T.; HUNTER, R. A.; MCCRABB, G. B.. Methane production and energy partition of cattle in the tropics. **British Journal of Nutrition**. Cambridge, v. 81, n. 3, p. 227-234, 1999. Disponível em: <10.1017/S0007114599000422>.

LIMA SANTOS, N. **Avaliação do capim-Tanzânia manejado com diferentes IAF residual sob lotação rotacionada por cabras Boer X Saanen**. 2009, 89p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Jaboticabal, SP, 2009.

LIMA SANTOS, N.L.. **Estrutura do pasto e comportamento ingestivo de caprinos em capim-tanzânia submetidos a índices de área foliar residual em lotação intermitente**. 2012. 74p. Tese (Doutorado em Zootecnia) Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Jaboticabal, SP, 2012.

LONGO, C. **Avaliação *in vitro* de leguminosas taníferas tropicais para mitigação de metano entérico**. 2007. Tese (Doutorado em Ciências), Centro de energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

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.

MURRAY, R. M.; BRYANT, A. M.; LENG, R. A. Rates of production of methane in the rumen and large intestine of sheep. **British Journal of Nutrition**. Cambridge, v. 36, n. 1, p. 1-14, 1976. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1079/BJN19760053>>.

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, S. G.; BERCHIELLI, T. T. Potencialidades da utilização de taninos na conservação de forragens e nutrição de ruminantes - Revisão. **Archives of Veterinary Science**, Curitiba, v.12, n.1, p. 1-9, 2007.

OLIVEIRA, M. V. M.; LANA, R. P.; FREITAS, A. W. P.; EIFERT, E. C.; PEREIRA, J. C.; VALADARES FILHO, S. C.; PÉREZ, J. R. O. Parâmetros Ruminal, Sangüíneo e Urinário e Digestibilidade de Nutrientes em Novilhas Leiteiras Recebendo Diferentes Níveis de Monensina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 2143-2154, 2005.

PAULINO, M.F. **Estratégias de suplementação para bovinos em pastejo.** Bovinocultura de ciclo curto em pastagem. In. VIII Simpósio de produção de Gado de Corte – III Sincorte 3. : Anais...2007: Viçosa.

PAULINO, M. F.; DETMANN, E.; SILVA, A. G.; ALMEIDA, D. M.; VALENTE, E. E. L.; MACIEL, I. F. S.; NASCIMENTO, L. M.; BITTENCOURT, J. A.; MARTINS L. S.; BARROS, L. V.; PAULA, N. F.; MENDES, R. K. V.; LOPES, S. A.; CARVALHO, V. V. Bovinocultura de alto desempenho com sustentabilidade. In. **VIII Simpósio de produção de Gado de Corte – VIII Sincorte 8.** : Anais...2012: Viçosa.

PEDREIRA, M. S.; OLIVEIRA, S. G.; BERCHIELLI, T. T.; PRIMAVESI, O. Aspectos relacionados com a emissão de metano de origem ruminal em sistemas de produção de bovinos. **Archives of Veterinary Science**, Curitiba, v. 10, n. 3, p. 24-32, 2005.

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

POSSENTI, R. A.; FRANZOLIN, R.; SCHAMMAS, E. A.; DEMARCHI, J. J. A. A., FRIGHETTO, R. T. S.; LIMA, M. A. Efeitos de dietas contendo *Leucaena leucocephala* e *Saccharomyces cerevisiae* sobre a fermentação ruminal e a emissão de gás metano em bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v. 37, n. 8, p. 1509-1516, 2008.

PRIMAVESI, O.; FRIGHETTO, R. T. S.; PEDREIRA, M. S.; LIMA, M. A.; BERCHIELLI, T. T.; MEMARCHI, J. J. A. A.; MANELLA, M. Q.; BARBOSA, P. F.; JOHNSON, K. A.; WESTBERG, H. H. **Técnica do gás traçador SF6 para medição de campo do metano ruminal em bovinos: adaptações para o Brasil.** (Documento 39) São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2004.77p.

PUCHALA, R.; ANIMUT, G.; PATRA, A. K.; DETWEILER, G. D.; WELLS, J. E.; VAREL, V. H.; SAHLU, T.; GOETSCH, A. L. Methane emissions by goats consuming *Sericea lespedeza* at different feeding frequencies. **Animal Feed Science and Technology**. Amsterdam, v. 175, p. 76– 84, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.03.015>>.

RHODES, I. The relationship between productivity and some components of canopy structure in ryegrass (*Lolium* spp.) II. Yield, canopy structure and light interception. **Journal of Agriculture Science**, v. 77, p. 283-292, 1971.

SANTOS, P. M.; CORSI, M.; BALSALOBRE, M. A. A. Efeito da Frequência de Pastejo e da Época do Ano sobre a Produção e a Qualidade em *Panicum maximum* cvs. Tanzânia e Mombaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v. 28, n. 2, p. 244-249, 1999.

SANTOS, P. M. **Estudo de algumas características agronômicas de *Panicum maximum* (Jacq.) cvs. Tanzânia e Mombaça para estabelecer seu manejo.** 1997. 62 p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal), Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1997.

SCHOFIELD, P.; MBUGUA, D. M.; PELL, A. N. Analysis of condensed tannins: a review. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 91, p. 21- 40, 2011. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0377-8401\(01\)00228-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0377-8401(01)00228-0)>.

SILVA, V. C. **Morfogênese, estrutura e dinâmica de perfilhamento de capim-tanzânia manejado com diferentes IAF residual, sob pastejo de cabras Anglonubiano.** 2011. 65 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2011.

SOLLENBERGER, L. E.; BURNS, J. C. Canopy characteristics, ingestive behavior and herbage intake in cultivated tropical grasslands. . In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, São Pedro. **Anais...** São Pedro: FEALQ, 2001. p. 321-327.

SUN, A. X. Z.; WAGHORN, G. C.; HOSKINA, S. O.; HARRISON, S. H.; MUETZEL, S.; PACHECO, D. Methane emissions from sheep fed fresh brassicas (*Brassica* spp.) compared to perennial ryegrass (*Lolium perenne*). **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 176, p. 107–116, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.07.013>

ULYATT, M. J.; LASSEY, K. R.; SHELTON, I. D.; WALKER, C. F. Methane emission from dairy cows and wether sheep fed subtropical grass-dominant pastures in midsummer in New Zealand. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, Singapore, v. 45, n. 4, p. 227-234, 2002. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/00288233.2002.9513513>>.

VALADARES FILHO, S. C.; PINA, D. S. Fermentação ruminal. In: BERCHIELLI, T.T; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Ed.). **Nutrição de ruminantes.** 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2011. p. 291-322.

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

WAGHORN, C. G.; TAVENDALE, M. T.; WOODFIELD, D. R. Methanogenesis from forages fed to sheep. **Proceedings of the New Zealand Grassland Association**, Dunedin, v. 64, p. 167–171, 2002.

WATSON, D. J. Comparative physiological studies on the growth of field crops: I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties

and within and between years. **Annals of Botany**, Oxford, v. 11, n. 41, p.76, 1947.

WOODWARD, S. L., G. C. WAGHORN, M. J. ULYATT, AND K. R. LASSEY. Early indications that feeding Lotus will reduce methane emission from ruminants. **Proceedings of the New Zealand Grassland Association**, Dunedin, v. 61, p. 23–26, 2001.

CAPÍTULO 2 - DETERMINAÇÃO DA PRODUÇÃO DE METANO POR CAPRINOS EM PASTAGEM

RESUMO –

O estudo foi dividido em dois experimentos: o experimento 1 teve como objetivo adequar a metodologia do gás traçador hexafluoreto de enxofre (SF_6) para mensurar a emissão de metano por caprinos e o experimento 2: objetivou mensurar a emissão de metano por cabras sob pastejo de capim-tanzânia. No experimento 1 foram feitas adequações no recipiente coletor de gases, que consistiram na mudança do tamanho e no local de fixação do mesmo, no animal, e adequação da taxa de emissão das cápsulas de permeação, para tanto foi utilizado um animal experimental. No experimento 2 foram utilizadas cinco cabras adultas, sob pastejo de capim-tanzânia, em dois piquetes com três dias de ocupação. O critério de entrada dos animais nos piquetes foi de 95% de interceptação luminosa (IL), e a saída dos animais no terceiro dia de ocupação ocorreu com 0,8 de índice de área foliar residual (IAFr). As modificações feitas no experimento 1 demonstraram ser adequadas para a mensuração de metano no animal e a maior correlação entre as concentrações de SF_6 e metano foi conseguida com a menor taxa de emissão da cápsula de permeação. Foi observado maior consumo dos animais no piquete um, porém esta diferença não foi observada nas demais variáveis relacionadas a emissão de metano (por peso metabólico, por animal ou por matéria seca ingerida). Os dias, no piquete um, influenciaram de modo linear crescente o consumo e decrescente na emissão de metano por peso metabólico, por animal ou por matéria seca ingerida. No piquete dois observou-se efeito quadrático com aumento no segundo dia nas variáveis, emissão de metano por peso metabólico, por animal e por matéria seca ingerida, e nenhum efeito foi observado no consumo. A técnica do gás traçador hexafluoreto de enxofre, após as adequações, foram capazes de mensurar a produção de metano em cabras sob pastejo de capim-tanzânia, que foi para cada kg de peso metabólico de 0,91 g/dia.

Palavras-chave: forragem tropical, gás de efeito estufa, hexafluoreto de enxofre, ruminantes.

1. Introdução

A manutenção da temperatura da Terra ocorre pela presença de gases na atmosfera como o vapor d'água, dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) e ozônio (O_3) (BRASIL, 2010). Estes gases possuem a capacidade de reter calor e, sem eles, a temperatura da terra seria cerca de 30°C mais fria (BRASIL, 2010). O aumento nas concentrações desses gases acarretaria uma maior retenção de calor, levando ao aquecimento global adicional, o que aumentaria a temperatura terrestre.

O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2006), relata o aumento na concentração dos principais gases, sendo que o metano (CH_4) passou de 715 ppb do período pré-industrial, para 1774 ppb em 2005.

Os dois gases apontados como os principais contribuintes no aquecimento global adicional da Terra são o dióxido de carbono (CO_2) e o metano. Segundo o IPCC (2006), em 2004, a contribuição do CO_2 foi de 76%, a do CH_4 foi de 14% e de outros gases em termos de CO_2 equivalente, foi de 10%.

Do total de gás metano emitido na atmosfera originado pela ação antrópica, os ruminantes são responsáveis por aproximadamente 22,7% desse valor (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2000) que corresponde a 3,5% do total mundial dos gases de efeito estufa.

O conhecimento das fontes emissoras e a quantificação das emissões são necessários para se criar estratégias de mitigação dos gases de efeito estufa (ALUWONG, et al, 2011), e esta proposta está abordada no Protocolo de Quioto.

Por outro lado, a emissão de metano por ruminantes representa perda de energia, o que leva à redução na produtividade seja ela em ganho de peso, na produção de leite ou lã. De acordo com Johnson e Johnson (1995), a perda de energia pode representar de 2 a 12% da energia bruta ingerida, sendo que o IPCC (1996) estima uma perda média de 6%, e atualmente de 6,5% (DONG et al, 2006). Entretanto, para estabelecer estratégias de mitigação é necessário quantificar as emissões de metano nas diferentes espécies animais, nas suas categorias, produtividade e sob diferentes condições de manejo alimentar (BHATTA et al., 2008).

Pelo fato das estimativas apontarem que pelo menos metade da população mundial de ruminantes estão na região tropical do globo e os países em desenvolvimento serem caracterizados por criações em pasto com baixa eficiência (USEPA, 2000), torna-se evidente a necessidade de mensurar a produção de metano em condições de pastejo.

A emissão de metano pelos bovinos criados em pastagem ou de confinamentos tem sido estudado, e estratégias para a mitigação desse gás já são encontradas na literatura (BOADI et al., 2004) entretanto, em caprinos, cuja população mundial é de aproximadamente 910 milhões de cabras (FAO, 2010) este valor ainda é estimado (IPCC, 2006), existindo uma lacuna em relação ao real valor produzido por estes animais em pastejo.

A técnica mais utilizada para mensuração da produção de metano individual no animal, em pastejo, é a do gás traçador hexafluoreto de enxofre (SF_6), desenvolvida por Jonhson et al. (1994). Esta técnica foi desenvolvida para bovinos, sendo considerada a mais adequada para este tipo de animal e manejo (LASSEY, et al., 2011) devido a maior acurácia e precisão que a técnica calorimétrica quando a dieta é baseada em pasto (McGINN et al., 2006). Esta técnica consiste na utilização de cápsula com um gás traçador com taxa de emissão conhecida (cápsula de permeação), introduzido no rúmem do animal e um recipiente coletor do gás expirado/eructado pelo animal, alocada no pescoço.

A metodologia porém, mostra-se inadequada para caprinos em pastejo, pois o equipamento utilizado em grandes ruminantes apresenta formato e peso inadequado para animais de menor porte, sendo necessário adaptações para sua utilização. Assim, para a utilização da técnica há necessidade de adequação do aparato usual aos bovinos e ajuste da taxa de emissão do gás traçador para serem utilizados em pequenos ruminantes em pastejo.

Objetivou-se com esse trabalho, adequar a metodologia do gás traçador hexafluoreto de enxofre para mensurar a emissão de metano em cabras sob pastejo e, posteriormente, mensurar a emissão de metano em cabras sob pastejo de capim tropical. Os resultados demonstrados nesse trabalho incluem a determinação da emissão de metano por cabras em pastejo visando avaliar a real contribuição dos caprinos na emissão de gás metano na atmosfera.

2. Material e métodos

2.1. Local e Período Experimental

Foram conduzidos dois experimentos no Setor de Caprinocultura, da UNESP/FCAV, Campus de Jaboticabal, SP (21°15'22" de latitude sul, longitude de 48°18'58" W, a altitude de 595 m). O clima, de acordo com a classificação de Köppen, é o do tipo Aw, descrito como tropical de estiagem de inverno, com estação seca definida entre os meses de abril a setembro e de chuvas nos meses de verão (outubro a março).

A precipitação média mensal durante o período experimental nos meses de outubro, novembro, dezembro de 2010 e janeiro, fevereiro, março e abril de 2011, foram de 69, 100, 225, 260, 208, 496 e 92 mm de chuva e a temperatura média para o mesmo período de 23, 24, 25, 25, 25, 23 e 23⁰C.

O primeiro experimento teve início em novembro de 2010 com pastejo de uniformização da área experimental e início da montagem dos materiais necessários para adequação da metodologia original de bovinos a ser utilizada nos caprinos. Em dezembro deu-se início ao segundo experimento com a caracterização da área experimental e montagem dos materiais adaptados para a coleta da emissão de metano nas cabras que ocorreu em abril de 2011.

EXPERIMENTO 1

Adaptação do método

A adequação do método iniciou-se com a mudança no formato e no local de fixação do recipiente coletor de gás expirado/eructado.

a) Procedimentos para confecção do recipiente coletor

Os recipientes coletores de gás foram confeccionados em tubos de PVC de alta pressão (PN 80 – 8,0K gf/cm²), com 100 mm diâmetro de interno, 3,6 mm de espessura de parede e 280 mm de comprimento. As extremidades do cano foram fechadas com tampa ("cap") de PVC de mesma classificação

tomando a forma de cilindro com volume interno de 2 litros e não em formato de “U” ou “V” como o utilizado em bovinos. Na lateral do cilindro foi fixado um conjunto formado de válvula e engate rápido, perfurando a parede da tampa e do cano. Com essa adaptação obteve-se redução no peso do recipiente coletor (cilindro coletor) em torno de 500 g quando comparado ao utilizado por bovinos. Todos os testes de pressão e vácuo foram feitos de acordo com a metodologia de mensuração de emissão de metano para bovinos adaptadas para o Brasil (PRIMAVESI et al., 2004). Os cilindros coletores de gases foram confeccionados para suportar vácuo de -13,00 psi.

Para a fixação do cilindro no animal, foi confeccionado aparato similar a uma sela utilizada em equinos, que foi alocado no dorso do animal próximo à cernelha, com isso o recipiente coletor não foi mais alocado no pescoço do animal como estabelece a técnica para bovinos (PRIMAVESI et al, 2004). A estrutura interna do aparato foi confeccionada em ferro soldado, encapado com couro. A fixação do cilindro na sela foi feita com fita tipo velcro. Na parte inferior da sela que fica em contato com animal foi feita uma forração com espuma e feltro para não ferir o dorso do animal e na tentativa de manter o bem-estar animal. Foram confeccionadas correias em couro para essa fixação que passavam por baixo das axilas e no peito do animal (Figura 1).

A amostra de ar expirado/eructado foi coletada utilizando-se um conjunto formado por tubo capilar, mangueiras de PTFE - Teflon® (politetrafluoretileno) e filtro, presos a um cabresto alocado próximo à narina. O fluxo no tubo capilar foi ajustado de forma a permitir que o ar capturado em 24 horas ocupasse a metade da capacidade do cilindro.

b) Procedimentos para confecção das cápsulas de permeação

As cápsulas de latão foram confeccionadas segundo Lassey (2001), equipadas com pastilha porosa de metal (porous stainless-steel frit) para suportar a pressão interna; membrana de Teflon™ e arruela. Para controlar a emissão do gás traçador utilizou-se membrana de 0,5 mm de espessura. As arruelas foram confeccionadas a partir de um bastão compacto de nylon 6,6. No bastão compacto foi feito um furo longitudinalmente com o mesmo diâmetro interno da cápsula de permeação, em seguida com o auxílio de um torno foi

cortado perpendicularmente em finas películas em torno de 0,9 mm, obtendo-se as arruelas.

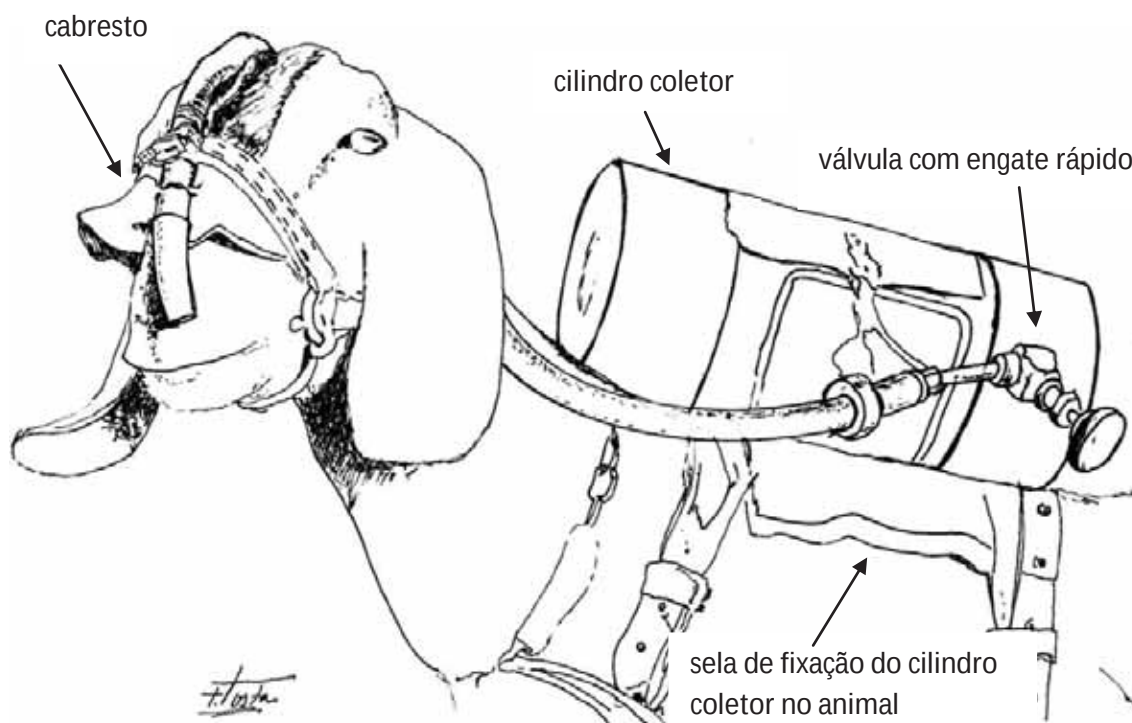


Figura 1. Cabra com cabresto e cilindro coletor de metano.

As cápsulas de permeação foram submersas em nitrogênio líquido e após estabilização da temperatura, eram retiradas e ainda, sob temperatura de nitrogênio líquido, receberam carga de aproximadamente 500 mg de SF_6 ultra puro, e então foram alocadas dentro de um béquer e deixadas em banho-maria a 39°C . As cápsulas foram submetidas a pesagens semanais, durante sete semanas consecutivas e as taxas de emissões individuais foram determinadas por gravimetria.

Pelo fato dos caprinos serem de menor porte, levantou-se a hipótese da necessidade de utilizar menor taxa de emissão das cápsulas de permeação. Por esse motivo, houve a necessidade de testar taxa de emissão abaixo, e entre a faixa de emissão das cápsulas preconizada para bovinos que é de 1000 a 2000 ng/min (PRIMAVESI, et al, 2004). Para tanto, identificou-se uma cápsula de permeação com taxa de emissão de 622 ng/min (BXM), e uma

segunda cápsula com taxa de 595 ng/min que somadas alcançaram taxa de emissão de 1217 ng/min.

Animal, local e condução experimental

Foi utilizado um animal macho castrado com peso de 78,5 kg, (Boer x Saanen). A área experimental utilizada era de capim-tanzânia (*Panicum maximum* Jacq cv. Tanzânia), medindo 243 m² com a finalidade de ofertar massa de forragem além do requerimento do animal. O critério de entrada do animal no piquete para realizar o pastejo foi de 95% de interceptação luminosa (IL). O animal tinha acesso *ad libitum* à água e sal mineral e permanecia no piquete por 11 horas. As 18 h00 os animais eram recolhidos ao galpão, onde apenas água e sal mineral eram fornecidos até as 7 h00 do dia seguinte. A interceptação luminosa foi medida com aparelho analisador de dossel – AccuPAR Model LP – 80 PAR/LAI (Decagon devices®).

O experimento teve duração de 17 dias consecutivos com dois períodos de coleta e conduzido conforme cronograma descrito a seguir:

No início do experimento, considerado dia “0”, no período da manhã, foi introduzida no rúmem do animal, via sonda esofágica, uma cápsula de permeação com taxa de emissão de 622 ng/min (BXM). Os dias compreendidos entre o dia “0” e dia “5” foram considerados como período de estabilização da taxa de emissão no rúmem e como período de adaptação do animal aos aparatos de coleta dos gases (cabresto mais cilindro coletor).

No dia “5”, pela manhã deu-se início ao primeiro período de coleta de gás expirado/eructado para análise de metano e SF₆. As coletas foram feitas por 4 dias consecutivos, às 7 h00 do dia “5” foi colocado no animal o primeiro cilindro coletor, e após 24 h este cilindro era substituído pelo segundo cilindro, e assim foi realizado até serem coletados 4 cilindros.

No dia “9” pela manhã, com a retirada do quarto cilindro, foi introduzida no animal a segunda cápsula de permeação com taxa de emissão de 595 ng/min, totalizando 1217 ng/min (ALM). Neste dia também foi retirado todo o aparato de coleta (cabresto e sela), a fim de proporcionar maior conforto ao animal, sendo recolocado no dia “11”.

O segundo período de coleta iniciou-se as 7 h00 do dia “13”, com a coleta de mais quatro cilindros, terminando no dia “17” as 7 h00 com a retirada do último cilindro, conforme descrito anteriormente.

Análise do metano e hexafluoreto de enxofre

As quantificações de CH₄ e SF₆ foram realizadas pela técnica de cromatografia gasosa. Para a realização das medidas, os cilindros foram pressurizados positivamente com N₂ (pureza 5,0) para cerca de 1,40 psi medido com medidor de pressão digital (Druck modelo DPI 705) e o valor anotado para posterior cálculo de diluição. Os cilindros foram conectados diretamente no cromatógrafo para as leituras dos gases. Foram utilizados três concentrações de gases padrão na construção das curvas de calibração, sendo as concentrações de SF₆ de 30, 100 e 1000 ppt e a de CH₄ de 5, 10 e 20 ppm.

As leituras das concentrações de CH₄ e de SF₆ foram realizadas em cromatógrafo a gás (Agilent® modelo 6890) equipado com dois injetores conectados a dois loops de aço inox com capacidades de 0,5 mL, acoplados a duas válvulas de seis vias com controle pneumático, detectores de ionização de chama (FID) para metano e de captura de elétrons (μ-ECD) para SF₆; com duas colunas: megabore Plot HP-Al/M (para metano) e HP-MolSiv (para SF₆). A partir da taxa conhecida de liberação do gás traçador no rúmem, das concentrações de metano e do gás traçador nas amostras de gás capturado, o fluxo de metano liberado pelo animal foi calculado em relação ao fluxo de SF₆ medido, pela equação geral segundo Westberg et al (1998): $Q_{CH_4} = Q_{SF_6} \times ([CH_4 \text{ cilindro}] - [CH_4 \text{ background}]) / ([SF_6 \text{ cilindro}] - [SF_6 \text{ background}])$, onde SF₆ é a taxa de emissão de SF₆ calibrada no tubo de permeação.

Nos cálculos da emissão de metano no primeiro experimento foi considerado como branco valor obtido de coleta realizado na mesma região e período. Nos cálculos do experimento dois o valor considerado foi obtido das amostras coletadas dos cilindros que acompanharam os animais experimentais, no mesmo período em que foi realizada a coleta do ar expirado/eructado dos animais para os cálculos de emissão de metano.

EXPERIMENTO 2

Determinação da emissão de metano em cabras

Com o objetivo de verificar as adequações realizadas no Experimento 1 e de mensurar a emissão de metano em caprinos em pasto, deu-se início a confecção dos equipamentos necessário para a condução do segundo experimento.

O ensaio foi conduzido em abril de 2011, em área experimental formada com capim-tanzânia (*Panicum maximum* Jacq cv. Tanzânia). Os piquetes, medindo 243m², foram manejados segundo critério de entrada dos animais no piquete de 95 % de IL e o critério de interrupção de pastejo ocorreu quando o índice de área foliar residual (IAFr) do pasto atingia 0,8. O IL e o IAFr foram medidas com aparelho analisador de dossel – AccuPAR Model LP – 80 PAR/LAI (Decagon devices®). O controle do pasto foi feito através do ajuste da lotação animal pelo método “put and take”, com três dias de ocupação. Os animais permaneciam nos piquetes, no período diurno por 11 horas, com acesso a água. No período noturno (13 horas) eram recolhidos ao galpão, onde tinha acesso *ad libitum* à água e sal mineral. A conduta de recolher os animais no período noturno é manejo habitual adotado no setor onde foi conduzido o experimento, para evitar o ataque de animais predadores tais como cães e outros. Não foi fornecido qualquer outro tipo de alimentação como concentrado ou volumoso no período noturno, para que não houvesse interferência na produção de metano.

a) Mensuração do metano

Foram utilizadas cinco cabras adultas da raça Anglo Nubiano, com peso médio de 54,4 kg não gestantes, que estavam sendo manejadas segundo o critério de entrada e saída dos piquetes desde dezembro de 2010.

As cápsulas de permeação utilizadas foram preparadas segundo a fase experimental 1, e aquelas que se encontravam na faixa de emissão constante entre 500 a 1000 ng/min foram utilizadas no experimento. As cápsulas de permeação foram introduzidas no rúmem dos animais, através de sonda esofágica 10 dias antes do início das coletas.

A estabilização da taxa de emissão de SF₆ das cápsulas de permeação no rúmem dos animais foi feita simultaneamente à adaptação dos animais aos aparatos de coleta do gás expirado/eructado.

As amostras de gás expirado/eructado pelo animal, foram coletadas em 6 dias consecutivos, sendo 3 dias no piquete 1, mais 3 dias no piquete 2. Os cilindros coletores foram trocados diariamente as 07 h antes das cabras retornassem aos piquetes de pastejo. Foram também utilizados mais dois cilindros por dia denominados brancos para determinação das concentrações de CH₄ e SF₆ do ar ambiental. Estes cilindros ficavam fixados ao lado do piquete, com altura próxima a 1 metro do chão e acompanhavam os animais quando estes eram presos no período noturno.

b) Estimativa de consumo

Das cinco cabras utilizadas na mensuração de metano entérico, escolheu-se aleatoriamente quatro para a estimativa de consumo. Foram utilizados dois indicadores, um para estimativa da produção fecal e outro para a estimativa do consumo de pasto.

A estimativa da produção fecal foi realizada utilizando como indicador externo a LIPE® - lignina purificada extraída do *Eucalyptus grandis*, que é um hidroxifenil propano modificado e enriquecido. As cápsulas de LIPE® com 250 mg do produto, foram fornecidas diariamente por 10 dias consecutivos, sendo 4 dias de adaptação e 6 dias de coleta (dois piquetes), feitas logo após a coleta de metano. As amostras de fezes foram coletadas diariamente por indivíduo e, secas em estufa de circulação forçada de ar a 55°C por 72h e enviadas à Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) para estimar a produção de matéria seca fecal a partir de dois métodos de leitura conforme descrito por Saliba e Araujo (2005).

O consumo de forragem foi estimado com base na produção fecal, e na determinação de FDNi das fezes e do extrato pastejável. O cálculo para determinação dos teores de FDNi foi realizada após incubação *in situ* do material (fezes e forragem) por 288 horas (DETMANN et al., 2012), e posterior extração com detergente neutro conforme descrito por Mertens (2002) cuja análise foi realizada nas amostras de fezes e de forragem.

c) Coleta e análise químico-bromatológica da forragem

A composição químico-bromatológica do capim-tanzânia foi determinada na amostra do extrato pastejável. O extrato pastejável foi coletado considerando-se a massa entre a altura média do piquete a ser pastejado, subtraído da altura do resíduo do piquete anterior.

Este procedimento foi realizado em três pontos por piquete para formar uma amostra composta representativa e os valores para as análises realizadas estão apresentados na Tabela 1.

As determinações de matéria seca (MS) e extrato etéreo (EE) foram realizadas conforme técnicas descritas pela AOAC (1995), segundo protocolos: MS 934,01 e EE 954,02. A determinação do teor de PB foi determinada pelo método Kjeldahl (AOAC, 1990), multiplicando-se o teor de nitrogênio por 6,25. Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram determinados conforme proposto por Van Soest & Robertson (1985). A energia bruta (EB) foi obtida por meio da queima total da amostra em bomba calorimétrica adiabática PARR 6510. Os valores das análises químico-bromatológica estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Média da composição química-bromatológica do extrato pastejável do capim-tanzânia, nos dois piquetes ocupados para coleta de emissão de metano das cabras.

Componentes	Piquete 1	Piquete 2
PB ¹ (%)	12,1	11,3
FDN ¹ (%)	70,4	68,7
FDA ¹ (%)	28,7	28,7
EE ¹ (%)	1,0	1,3
EB (MJ/kg de MS)	16,3	16,1
Cinzas ¹ (%)	9,8	9,7

¹: porcentagem na matéria seca; PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; EE: extrato etéreo; EB: energia bruta; MS: matéria seca.

2.2. Análise estatística

Experimento 1

Para a variável concentração de SF₆ e metano foi calculado a média, erro padrão da média e a correlação de Pearson entre os valores das concentrações de SF₆ e CH₄ dentro de cada tratamento.

A variável emissão de metano foi analisada segundo delineamento inteiramente casualizado com dois tratamentos (alta e baixa emissão das cápsulas de permeação) e quatro repetições (dias de coleta), e para a comparação das médias dos tratamentos foi utilizado teste F ($\alpha = 5\%$).

Experimento 2

Para a variável emissão de metano, foram considerados dois fatores longitudinais (2 piquetes com 3 dias cada, resultando em seis dias de coleta de dados), com cinco repetições (animais). Para comparação das médias entre os dias foi utilizado contraste ortogonais ($\alpha = 10\%$) e entre a média dos piquetes foi utilizado teste F ($\alpha = 5\%$).

Foi utilizado o pacote estatístico SAS (versão 8, SAS Institute, Cary, NC, EUA), para as análises do experimento 1 e 2.

3. Resultados

EXPERIMENTO 1

As adaptações mostraram-se adequadas em permitir a condução e coleta dos gases no animal e o cilindro coletor assumiu um volume de 2 litros e peso médio de 1,2 kg. Aparentemente os aparatos e as adequações não causaram impedimento ou dificuldade para o animal no acesso ao alimento.

Os valores das concentrações de SF₆ e metano por dia estão apresentados na Tabela 2, bem como os valores e desvio padrão e correlação entre os dois gases (SF₆ e CH₄), nas duas taxas de emissão das cápsulas de permeação. Foi observada maior correlação ($r = 0,99$) entre as concentrações

de SF₆ e metano nas amostras colhidas com taxa de emissão das cápsulas de permeação de 622 ng/min (BXM) quando comparadas com a correlação (r=0,41) dos gases das amostras coletadas com taxa de 1217 ng/min (ALM).

Tabela 2. Valores de concentração de SF₆ e metano por dia, média e respectivo desvio padrão, e correlação entre os dois gases (SF₆ e CH₄), para as duas taxas de emissão das cápsulas de permeação.

dia	Taxa de emissão das cápsulas					
	622 ng/min (BXM)			1217 ng/min (ALM)		
	SF ₆	CH ₄	R	SF ₆	CH ₄	R
1	229	118		605	127	
2	537	168		622	93	
3	440	148		778	111	
4	477	153		511	88	
Geral	421± 133	147± 20	0,99	629 ±110	105± 18	0,41

BXM: baixa taxa de emissão das capsulas de emissão; ALM: alta taxa de emissão das capsulas de emissão; SF₆: hexafluoreto de enxofre; CH₄: metano; R: correlação de Pearson.

Não houve diferença na emissão de metano por animal ou por peso metabólico (peso corporal^{0,75}) nas duas taxas de emissão das cápsulas de permeação (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios da emissão de metano no animal para as duas taxas de emissão das cápsulas de permeação.

	Taxa de emissão das cápsulas			Geral
	622 ng/min (BXM)	1217 ng/min (ALM)		
CH ₄ (g/dia/animal)	36,2 ± 9,3	32,2 ± 5,9	ns	34,1
CH ₄ (g/peso metabólico)	1,4 ± 0,3	1,2± 0,2	ns	1,3

BXM: baixa taxa de emissão das capsulas de emissão; ALM: alta taxa de emissão das capsulas de emissão; CH₄: metano; peso metabólico: peso corporal^{0,75}; ns: não significativo para Teste F (P<0,05).

EXPERIMENTO 2

Na Tabela 4 verifica-se os valores médios de emissão de metano em relação ao peso metabólico (peso corporal^{0,75}), por animal experimental, e por ingestão de matéria seca (MS), bem como o consumo.

No piquete 1, verifica-se que a emissão de metano por peso metabólico, por animal, por kg de matéria seca ingerida e consumo, diminuíram linearmente ($p < 0,05$) conforme aumento dos dias de ocupação. Contudo no piquete 2, os valores apresentaram comportamento quadrático ($p < 0,05$) com um ligeiro aumento no segundo dia de ocupação, para as variáveis de emissão de metano por peso metabólico, por animal, e por kg de matéria seca ingerida, não sendo verificado efeito ($p > 0,05$) na variável consumo.

Os dados médios das variáveis de emissão de metano por peso metabólico, por animal, e por kg de matéria seca ingerida, não demonstraram diferença estatística ($p > 0,05$) entre os dois piquetes estudados, e houve diferença ($p < 0,05$) apenas na variável consumo.

Tabela 4. Médias de emissão de metano em relação ao peso (g/dia) e matéria seca ingerida, consumo e perda de energia de cabras em pastejo intermitente de capim-tanzânia, nos dois piquetes com três dias de ocupação.

	Piquete 1						Piquete 2					
	Dias			Efeito	P ²	Geral ¹	Dias			Efeito	P ²	Geral ¹
	1	2	3				1	2	3			
CH ₄ /peso metabólico (g/dia/kg peso metabólico)	1,43 (0,11)	0,88 (0,06)	0,61 (0,03)	L	<0,001	0,94 A	0,83 (0,16)	1,16 (0,06)	0,65 (0,06)	Q	0,007	0,88 A
CH ₄ /animal (g/dia/kg peso corporal)	28,5 (2,3)	17,7 (1,1)	12,2 (0,8)	L	<0,001	18,8 A	16,5 (3,2)	23,1 (0,9)	13,1 (1,2)	Q	0,006	17,6 A
Consumo (gMS/animal)	483 (02)	557 (25)	558 (22)	L	<0,001	541 A	462 (02)	466 (05)	480 (10)	-	0,157	470 B
CH ₄ /MS ingerida (g/dia)/gMS ingerida)	0,06 (0,004)	0,03 (0,004)	0,02 (0,001)	L	<0,001	0,04 A	0,03 (0,009)	0,05 (0,002)	0,03 (0,003)	Q	0,016	0,04 A

CH₄: metano; MS: Matéria seca, () valores entre parênteses refere-se ao erro padrão da média; L : efeito linear considerando p<0,10; Q: efeito quadrático considerando p<0,10; P²: probabilidade associada ao teste F_{p-1} Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si (teste F, α = 5%);

4. Discussão

Neste estudo realizou-se no Experimento 1 adaptações da metodologia do gás traçador para mensurar a emissão de metano em caprinos sob pastejo e o Experimento 2 foi realizado para verificar as adequações realizadas nos aparatos e na cápsula, e mensurar a emissão de metano em cabras sob pastejo de capim-tanzânia.

EXPERIMENTO 1

Os cilindros coletores de ar expirado/eructado, foram confeccionados em formato de cilindro, cujo volume (2 litros) foi semelhante ao proposto por Primavesi et al. (2004), e ficaram aproximadamente 500 g mais leves, representando uma diminuição de 30% do peso em relação as cangas preconizadas para bovinos. O posicionamento do cilindro no dorso do animal, não restringiu os movimentos do animal, nem causou algum tipo de impedimento ou dificuldade do animal no acesso ao alimento, uma vez que os animais apresentava, quando ocupavam o piquete, mesmo comportamento (captura de alimento, ruminação, descanso) quando comparados aos dias que estavam sem os aparatos.

Estes cuidados foram tomados para que não houvesse interferência no comportamento ingestivo dos animais uma vez que os caprinos possuem peso corpóreo aproximadamente 4 a 5 vezes menor que os bovinos. As modificações visando o conforto do animal foram consideradas adequadas.

O princípio do método do gás traçador é que o gás SF₆ se comporte da mesma forma que o CH₄ produzido no rúmem (JOHNSON et al., 1994). Desse modo a emissão de metano pode ser calculada em função da taxa de emissão do SF₆ e da sua concentração na amostra, com isso altas correlações entre a emissão desses dois gases é esperada.

Lassey, et al. (2011), em experimento realizado com ovinos, alimentados com silagem de alfafa, utilizaram taxa de emissão média de SF₆ das cápsulas de 1,27 mg/d (881ng/min). Os animais foram alocados em gaiolas metabólicas dentro de câmaras respirométricas, e o ar interno coletado de 20 em 20

minutos durante um dia. Os autores encontraram correlação entre o SF₆ e o metano de $r = 0,73$, considerada alta pelos autores. Esta correlação é maior que a encontrada no presente experimento ($r = 0,41$), quando se utilizou cápsula de permeação com taxa de emissão de SF₆ de 1217 ng/min, porém menor quando utilizado cápsula com taxa de 622 ng/min, obtendo uma correlação de $r = 0,99$ (Tabela 2). Dessa forma a cápsula de permeação com menor taxa de emissão de SF₆ foi considerada mais adequada para as condições experimentais.

Pinares-Patiño et al. (2011) em estudo com ovinos alimentados com silagem de alfafa e com taxa de emissão das cápsulas de permeação de 1,2 mg/dia (833ng/min), encontraram correlação de 0,74, entre o SF₆ e o metano. Esta correlação foi obtida com a média das emissões dos gases obtidos através de três formas de coleta de gases para mensuração de metano: a técnica do gás traçador, da câmara respirométrica, e com as cangas coletoras dentro da câmara respirométrica.

Considerando o fato da taxa de emissão das cápsulas de permeação, utilizada pela técnica do gás traçador SF₆, ter sido desenvolvida para ruminantes que possui volume ruminal aproximado de 60 litros considerando um animal de 548 kg a 82 litros em vacas leiteiras de 685 kg de peso corpóreo (PASSINI, 2003), a utilização de taxas similares de emissão do gás traçador, para caprinos e ovinos, com porte tão distinto, pode não ser adequada, uma vez que o volume ruminal de um ovino, animal de mesmo porte do caprino, é em torno de 5 litros (FRANZOLIN, 2000). Segundo Pinares-Patiño et al. (2011), altas taxas de emissão de SF₆ podem levar a uma saturação em excesso do gás traçador, e este ser acumulado no rúmex do animal. O excesso do gás pode aderir às partículas de alimento, formar bolhas ou estar dissociada ao líquido ruminal e este passar pelo rúmex e todo o trato digestivo até ser eliminado pelas fezes, ocasionando diminuição na correlação com o metano (LASSEY et al., 2011; PINARES-PATIÑO et al., 2011). Esta hipótese pode vir a explicar a menor correlação obtida no presente estudo com o uso de taxa de emissão de SF₆ de 1217 ng/min (Tabela 2).

Alta correlação é desejada e pode ser obtida através do ajuste das taxas de emissão para cada espécie ou categoria animal, para que não ocorra saturação do rúmex pelo gás traçador ou pelo ajuste na dinâmica de liberação do SF₆ dentro do trato digestivo isto é, a taxa de liberação do gás traçador deve

estar associada à taxa de fermentação do alimento ingerido pelo animal e ao volume ruminal.

Apesar das diferentes correlações entre os dois gases (SF_6 e CH_4), não houve diferença ($p>0,05$) na emissão de metano no animal sob pastejo nas duas taxas de emissão das cápsulas de permeação (Tabela 3). Considerando a emissão média de metano de 34,1 g/dia no animal utilizado no presente estudo ou 7,5 kg/ano para um animal de 40 kg, cálculo realizado levando em consideração o peso metabólico, o valor está superior ao valor reportado pelo IPCC (2006) de 5,0 kg CH_4 /ano para um animal de mesmo peso.

EXPERIMENTO 2

Com base nos resultados de correlação do Experimento 1, adotou-se faixa de emissão das cápsulas de permeação entre 500 a 1000 ng/min, com uma média de 669,84 ng/min.

Pelo fato do presente estudo ter sido conduzido em pastejo intermitente com três dias de ocupação, os dados são apresentados por dia (Tabela 4), diferente do preconizado por Lassey et al. (2011), para animais em confinamento ou em pastejo contínuo onde a emissão de metano por animal representa uma média obtida dos dias de coleta e o desvio padrão é calculado pela variação encontrada durante esses dias.

Ponderando o fato dos animais terem sido manejados igualmente nos dias que antecederam o início das coletas para análise de metano, isso é, os animais foram submetidos às mesmas condições de pastejo e em piquetes igualmente conduzidos, esperava-se mesmo comportamento de emissão de metano para os dois piquetes. A emissão de metano, entretanto, exibiu comportamento diferenciado entre os dois piquetes ocupados (Tabela 4), apresentando comportamento linear no piquete 1 em todas as variáveis estudadas e quadrática nas variáveis de emissão de metano por animal, por peso metabólico e por matéria seca ingerida no piquete 2.

Variações no comportamento diário das emissões de metano também foram reportadas por Pinares-Patiño et al. (2003), Ulyatt et al. (1999) e Lassey et al. (1997), onde segundo Ulyatt et al. (1999), compilando dados de experimentos com bovinos e ovinos em condição de pastejo e confinado,

reportou variação de 5 a 50% no valor de emissão de metano entre os dias de coleta e de 76 a 95% entre animais.

Apesar do comportamento linear no primeiro piquete e quadrático no segundo piquete, as variáveis relacionadas à emissão de metano ajustadas para peso metabólico, por animal e por matéria seca ingestão, não apresentaram diferença estatística ($p>0,05$), entre os dois piquetes (Tabela 4), o que não ocorreu para a variável consumo ($p<0,05$). O consumo é visto como umas das variáveis mais importantes que influenciam a emissão de metano (JOHNSON e JONHSON, 1995), contudo a diferença de 13% no consumo ocorrida entre o piquete 1 e 2, não foi capaz de influenciar a emissão de metano, sinalizando que esta mudança no consumo não foi capaz de influenciar a emissão de metano, sendo esta estudada isoladamente, e utilizando como técnica de mensuração a do gás traçador SF₆.

Apesar do comportamento diferenciado dos dias entre os piquetes na emissão de metano das cabras, quando se comparou a média dos dias do piquete 1 com a média do piquete 2 não foi encontrado diferença entre os piquetes (Tabela 4). Isso indica que quando um pastejo intermitente com três dias de ocupação é imposto, pode-se utilizar a média dos piquetes, desde que seja respeitado os dias de ocupação ou seus múltiplos, para definir a emissão de metano dos animais.

O valor médio CH₄ para peso metabólico de 0,91 kg/dia encontrado no presente trabalho foi inferior a média encontrado por Lassey et al. (2011) de 1,09 kg de CH₄/dia em ovinos (média ajustada para kg de peso metabólico). Valores maiores também foram encontrados por Pinares-Patiño et al. (2003) onde compararam dois grupos de animais (ovinos) com baixa e alta produção de metano, onde os animais de 51,4 kg de peso corporal, emitiram por dia 28,8 g de CH₄ ou 1,50 g do gás por kg de peso metabólico, já os animais de 47,9 kg de peso corporal pertencentes ao grupo de alta emissão, produziram por dia 35,5 g de CH₄. Os autores supracitados utilizaram da mesma técnica de mensuração do metano do presente trabalho.

Puchala et al (2012), mensuraram a emissão de metano em câmaras respirométricas de circuito aberto, técnica diferente à do presente trabalho e encontraram valores de emissão de metano entre 0,46 a 0,88 g/peso metabólico por caprinos consumindo *Sericea lespedeza* e alfafa (*Medicago*

sativa) em diferentes frequências de fornecimento. Estes valores estão abaixo dos obtidos no presente trabalho. Vale salientar que no estudo dos referidos autores, os teores de FDN foram de 39% e 38% para *Sericea lespedeza* e alfafa respectivamente, valores menores ao encontrado no presente trabalho.

Animut et al (2008) reportaram valores de emissão de metano em caprinos, superiores ao dessa pesquisa, possivelmente pelo fato de terem utilizado animais mais leves (34 kg) e alimentados com sorgo (*S. bicolor*; G) contendo 68% de FDN, utilizando a técnica de câmaras respirométricas. O valor de emissão de metano de 1,0 g/peso metabólico encontrado pelos autores, apesar de maior, quando transformado para emissão de metano por ingestão de matéria seca é de 22,5 g/MSI, valor inferior ao encontrado no presente trabalho que é de 34,9 g/MSI.

O resultado da emissão de metano de 14,5 g/dia ou 5,3 kg/ano para um caprino de 40 kg de peso corporal, obtido no presente trabalho está cerca de 6% superior ao valor reportado pelo IPCC (2006) de 5,0 kg de CH₄/ano para um animal de mesmo peso. Esse valor pode ser considerado próximo e real, uma vez que foi obtido “*in loco*” e o valor apresentado pelo IPCC (2006) é um valor estimado, e tem como base a aproximação com animais de sistema digestivo semelhante e ajustado em função do peso metabólico.

Considerando a emissão de metano por ingestão de matéria seca e os valores médios de energia bruta da dieta, e que 1 litro de metano equivale a 39,5388 KJ de energia e a densidade do metano de 0,7174 g/litro, as cabras tiveram perda energética na forma de metano de 12,5% em relação a energia bruta consumida.

5. Conclusões

A metodologia do gás traçador para mensuração de metano, após as modificações, foi capaz de medir a emissão de metano em cabras e, o valor encontrado de emissão do metano por kg de peso metabólico de 0,91 g/dia ou 5,3 kg/ano para caprinos de 40 Kg, foram coerentes ao da literatura e com a estimativa reportada e utilizada até o momento pelo IPCC.

6. Referências bibliográficas

ALUWONG, T.; WUYEP, P. A.; ALLAM, L. Livestock-environment interactions: Methane emissions from ruminants. **African Journal of Biotechnology**, Victoria Island, v. 10, n. 8, p. 1265-1269, 2011. Disponível em: <<http://www.academicjournals.org/AJB>>.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official Methods of Analysis of the Association of the Analytical Chemists**. 15 th ed. Whashington, 1990.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official Methods of Analysis of the Association of the Analytical Chemists**. 16 th ed. Whashington, 1995.

BHATTA, R.; ENISHI, O.; TAKUSARI, N.; HIGUCHI, K.; NONAKA, I.; KURIHARA, M. Diet effects on methane production by goats and a comparison between measurement methodologies. **Journal of Agricultural Science** (2008), 146, 705–715. 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1017/S0021859608007983>>.

BOADI, D.; BENCHAAR, C.; CHIQUETTE, J.; MASSÉ D. Mitigation strategies to reduce enteric methane emissions from dairy cows: update review. **Canadian Journal of Animal Science**. Ottawa, v. 84, n. 3, p. 319-335, 2004.

DETMANN, E.; VALENTE, T. N. P.; SAMPAIO, C. B. Avaliação da fibra em detergente neutro indigestível e da fibra em detergente ácido indigestível. In.: **Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia – INCT, Métodos para Análise de Alimentos**, Viçosa:UFV, 2012, cap. 10, 214 p.

DONG, H.; MANGINO, J.; MCALLISTER, T. A.; HATFIELD, J. L.; JOHNSON, D. E.; LASSEY, K. R.; LIMA, M. A.; ROMANOVSKAYA, A. Emissions from livestock and manure management. In: EGGLESTON, H. S.; BUENDIA, L.; MIWA, K.; NGARA, T.; TANABE, K. (Ed.). **2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories programme**. Hayama: Institute for Global Environmental Strategies, 2006. v. 4, p. 10.1-10.87.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Evaluating ruminant livestock efficiency projects and programs:. Washington, DC: EPA, 2000. 48 p.

FAO . FAOSTAT. Statistics database 2010. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/default.aspx>> Acesso em 16 janeiro 2013.

FRANZOLIN, M.H.T, LUCCI, C.S.; FRANZOLIN, R. Efeitos de Rações com Níveis Crescentes de Cana-de-Açúcar em Substituição à Silagem de Milho

sobre a População de Protozoários Ciliados no Rúmen de Ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 1452-1457, 2000.

IPCC – Intergovernmental panel on climate change. **Revised IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories**: Reference manual. - Emissions from livestock and manure management. Cambridge: University Press, 2006.

IPCC: – Intergovernmental panel on climate change. **Revised IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories**: Reference manual. Cambridge: University Press, 1996, 297p.

JOHNSON, K. A; WESTBERG, H. H.; MICHAL, J. J.; COSSALMAN, M. W. The SF6 trace technique: methane measurement from ruminants. P. 33-67. In: **Measuring methane production from ruminants**. 2007, 148p.

JOHNSON, K. A; JOHNSON, D. E. Methane emissions from cattle. **Journal of Animal Science**. Champaign, v. 73, n. 8, p. 2483-2492, 1995. Disponível em: <<http://jas.fass.org/content/73/8/2483>>.

JOHNSON, K. A; HUYLER, M. T.; WESTBERG, H. H.; LAMB, B. K.; ZIMMERMAN, P. Measurements of methane emissions from ruminant livestock a SF6 tracer technique. **Environmental Science and Technology**. 1994, 28, 359-362; Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1021/es00051a025>>.

LASSEY, K. R.; PINARES-PATIÑO, C. S; MARTINA, R. J.; MOLANOB, G.; MCMILLANA, A. M. S. Enteric methane emission rates determined by the SF6 tracer technique: temporal patterns and averaging periods. **Animal Feed Science and Technology**. Amisterdam, v. 166, p. 183– 191; 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.04.066>>.

LASSEY, K. R.; WALKER, C. F.; MCMILLAN, A. M. S.; ULYATT, M. J. On the performance of SF6 permeation tubes in determining methane emission from grazing livestock. **Chemosphere** – global change science, Oxford, v. 3, n. 4, p. 367-376, 2001. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S1465-9972\(01\)00017-4](http://dx.doi.org/10.1016/S1465-9972(01)00017-4)>.

LASSEY, K.R.; ULYATT, M.J.; MARTIN, R.J.; WALKER, C.F.; SHELTON, I.D. Methane emission measured directly from grazing livestock in New Zealand. **Atmospheric Environment**. Oxford, v. 31, n. 18, p. 2905-2914, 1997.

MCGINN, S. M.; BEAUCHEMIN, K. A.; IWAASA, A. D.; MCALLISTER, T. A. Assessment of the sulfur hexafluoride (SF6) tracer technique for measuring enteric methane emissions from cattle. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 35, n. 5, p. 1686–1691, 2006.

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** – Volume 1 . Brasília: MCT. 2010.

MERTENS, D. R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fibre in feeds with refluxing beakers or crucibles: collaborative study. **Journal AOAC International**, Gaithersburg, v.85, n. 6, p.1217-1240, 2002.

PASSINI, R.; RODRIGUES, P. H. M.; CASTRO, A. L.; SILVEIRA, A, C. Parâmetros de Fermentação Ruminal em Bovinos Alimentados com Grãos de Milho ou Sorgo de Alta Umidade Ensilados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.32, n.5, p.1266-1274, 2003.

PINARES-PATIÑO, C. S.; HOLMES, C. W.; LASSEY, K. R.; ULYATT, M. J. Evaluation of the sulphur hexafluoride tracer technique for methane emission measurement in forage-fed sheep. **Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production**. Hamilton, v. 67, p. 431-435, 2007.

PINARES-PATIÑO, C. S.; LASSEY, K. R.; MARTIN, R. J.; MOLANO, G.; FERNANDEZ, M.; MACLEAN, S.; SANDOVAL, E.; LUO, D.; CLARK, H. Assessment of the sulphur hexafluoride (SF₆) tracer technique using respiration chambers for estimation of methane emissions from sheep. **Animal Feed Science and Technology**. Amsterdam, v. 166– 167, p. 201– 209; 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.04.067>>.

PINARES-PATIÑO, C. S.; ULYATT, M. J.; LASSEY, K. R.; BARRY, T. N.; HOLMES, C. W. Persistence of differences between sheep in methane emission under generous grazing conditions. **Journal of Agricultural Science**. Cambridge, v. 140, p. 227–233; 2003. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1017/S0021859603003071>>.

PRIMAVESI, O.; FRIGHETTO, R. T. S.; PEDREIRA, M. S.; LIMA, M. A.; BERCHIELLI, T. T.; MEMARCHI, J. J. A. A.; MANELLA, M. Q.; BARBOSA, P. F.; JOHNSON, K. A.; WESTBERG, H. H. **Técnica do gás traçador SF₆ para medição de campo do metano ruminal em bovinos: adaptações para o Brasil**. (Documento 39) São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2004.77p.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT user's guide**: version 8. Cary, 1999. 1028p.

SALIBA, E.O.S.; ARAÚJO, V.L. **Teleconferencia sobre o uso de indicadores em nutrição animal**. UFMG, 45p, 2005.

ULYATT, M. J.; BAKER, S. H; McCRABB, G. J.; LASSEY, K. R.; SHELTON, I. D.; WALKER, C. F. Accuracy of SF₆ trace technology and alternatives for field

measurements. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, v. 50, p. 1329-1334, 1999..

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

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B. **Analysis of forages and fibrous food** – a laboratory manual for animal science. Ithaca: Cornell University, 1985. 202 p.

WESTBERG, H. H.; JOHNSON, K.A.; COSSALMAN, M.W.; MICHAEL, J.J. A SF₆ tracer technique: methane measurement from ruminants. **Pullman**: Washington State University, 1998, 39.

CAPÍTULO 3 - DETERMINAÇÃO DA PRODUÇÃO DE METANO POR CAPRINOS SOB PASTEJO INTERMITENTE

RESUMO.-

O estudo foi conduzido para investigar a influência da intensidade de pastejo nas características de pasto de capim-tanzânia e na emissão de metano em cabras sob pastejo intermitente, bem como obter dados sobre a emissão de metano em cabras mensurados em pastejo. Foram utilizados 15 cabras experimentais mais animais reguladores, todos da raça Anglo Nubiano. Foi utilizado o sistema de pastejo intermitente com 3 dias de ocupação, os tratamentos consistiram em 3 índices de área foliar residual (IAFr) de 0,8; 1,6 e 2,4 utilizado como critério de saída dos animais no piquete. O critério de entrada dos animais ocorreu quando os piquetes atingiam 95% de interceptação luminosa (IL). As medidas de IAFr e IL foram realizadas com o aparelho AccuPAR Model LP – 80 PAR/LAI (Decagon devices®). O metano foi medido utilizando a técnica do gás traçador hexafluoreto de enxofre. O IAFr influenciou linearmente a variável matéria seca total e matéria seca de colmo no pré pastejo e, no pós pastejo, apenas a matéria seca de folha foi influenciada linearmente. Não houve efeito nas variáveis relacionadas à emissão de metano como emissão de metano por animal, por peso metabólico, por matéria seca ingerida e porcentagem de energia perdida na forma de metano, com o aumento do IAFr, e as médias foram de 18,1 g/animal; 0,88 g/peso metabólico; 34,9 g/MS ingerida; e 11%, respectivamente. A variável consumo aumentou linearmente com o aumento do IAFr. Observou-se que a intensidade de pastejo, em função do IAFr, afetou características do pasto e consumo mas não a emissão de metano por cabras Anglo Nubiano, e os valores da emissão de metano de 0,88 g/peso metabólico podem ser utilizados como base e comparação com novos estudos de emissão desse gás pelos caprinos

Palavras-chave: índice de área foliar, gás de efeito estufa, hexafluoreto de enxofre, ruminantes.

1. Introdução

O aumento nas concentrações dos gases de efeito estufa, como dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) e outros gases, acarreta em maior retenção de calor, com consequente aquecimento global adicional, o que aumentaria a temperatura terrestre (BRASIL, 2010). No setor agropecuário os ruminantes em particular emitem 80 milhões de toneladas de CH_4 por ano (BEAUCHEMIN, 2008).

A emissão de metano nos ruminantes representa perda de energia bruta da dieta, com redução na produtividade seja em ganho de peso, produção de leite ou lã. Pesquisas de quantificação desse gás emitido pelos ruminantes têm sido conduzidas visando obter estratégias de mitigação com a finalidade de diminuir o aumento do efeito estufa adicional, bem como a perda de energia ingerida pelos animais (ALUWONG et al, 2011).

Em geral a medida da emissão do metano é obtida em animais confinados, sob condições controladas. Há necessidade, no entanto, de se quantificar a emissão total de metano entérico pelos ruminantes em diferentes condições de manejo (BHATTA et al. 2008), confinados ou a pastejo. Estudos avaliando a emissão de metano por bovinos e ovinos em condições de pastejo e confinados foram descritos em revisão publicada por Boadi et al, 2004. Entretanto, em caprinos essas informações ainda não foram diretamente mensuradas e se limitam a estimativas publicadas pelo International Panel of Climate Change (IPCC, 2006). Tal mensuração é de grande importância, visto que aproximadamente 875 milhões de cabras (FAO, 2012) são criadas no mundo.

A produção de metano é diretamente afetada pela qualidade e tipo de alimento ingerido, consumo dentre outros, e quando o animal é criado a pasto, a espécie forrageira, o sistema de manejo adotado e a estação do ano também são fatores que interferem na qualidade da forragem, que está intimamente ligada à emissão desse gás (BOADI, et al, 2004).

O objetivo do presente trabalho foi estudar a influência da intensidade de pastejo, medida pelo IAFr, nas características de pastos de capim-tanzânia e na emissão de metano por caprinos sob pastejo. Os resultados apresentados a seguir incluem a determinação da emissão de metano por cabras a pastejo. Tal

mensuração pode ser de grande importância para estudos futuros visando avaliar a real contribuição dos caprinos na emissão de gás metano na atmosfera.

2. Material e métodos

2.1. Local e dados meteorológicos

O experimento foi conduzido no Setor de Caprinocultura, pertencente a UNESP/FCAV, Campus de Jaboticabal, SP, localizada a 21°15'22" de latitude sul, longitude de 48°18'58" W, a altitude de 595 m. De acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Aw, descrito como tropical de estiagem de inverno, com estação seca definida entre os meses de abril a setembro e concentração de chuvas nos meses de verão (outubro a março).

Os dados climáticos referentes à temperatura (°C) e precipitação pluviométrica (mm) foram obtidos na Estação Agroclimatológica do Departamento de Ciências Exatas da FCAV, UNESP, Campus de Jaboticabal/SP (Figura 1).

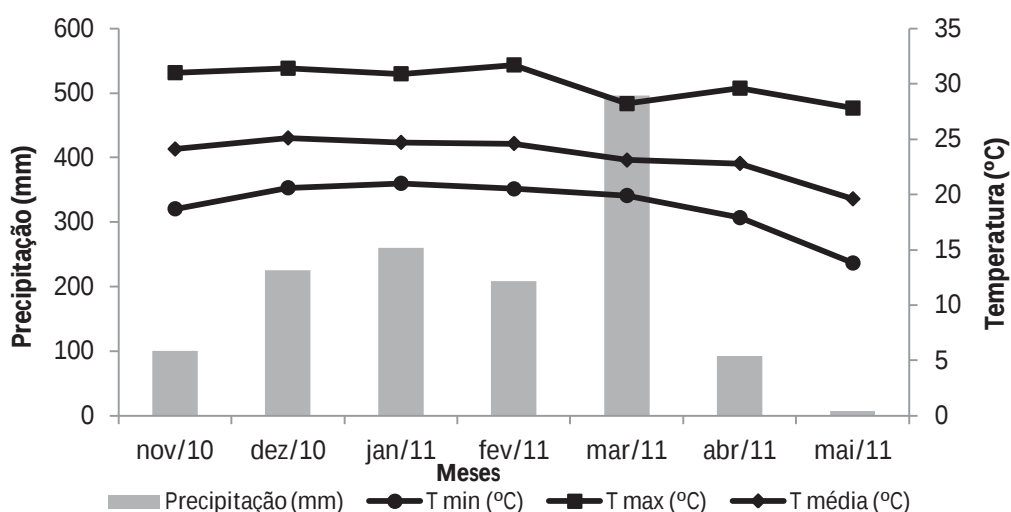


Figura 1. Valores acumulados de precipitação (mm) e médios de temperatura máxima, mínima e média (°C) em Jaboticabal, no período de novembro de 2010 e maio de 2011. Dados cedidos pelo Departamento de Ciências Exatas da FCAV, UNESP.

2.2. Adubação e solo da área experimental

O solo da área experimental é classificado como sendo Latossolo Vermelho Distrófico, de textura argilosa a moderado, caulínítico hipoférrico com relevo suavemente ondulado (EMBRAPA, 2006).

Em de novembro de 2010 coletou-se amostra de solo, na profundidade de 0 – 20 cm. Após a análise de solo realizou-se as devidas correções segundo as exigências nutricionais da gramínea avaliada (Tabela 1).

A adubação da área experimental consistiu de 100 kg de P_2O_5 e 100 kg de K_2O (formulação comercial 0 – 20 – 20), aplicados em dose única, antes do pastejo de implantação dos tratamentos e 200 kg de N (fonte ureia), parcelado em quatro aplicações. A primeira aplicação nitrogenada foi realizada no mês de novembro de 2010 e as três doses restantes foram aplicadas assim que os piquetes foram pastejados.

Tabela 1. Resultado da análise de solo da área experimental.

pH	M.O.	P	K	Ca	Mg	H + Al	SB	V
($CaCl_2$)	(g/dm ³)	(mg/dm ³)	-----	mmol _c /dm ³	-----	-----	-----	(%)
5,2	26	21	2,6	29	10	28	41,6	60

pH = acidez (água), MO = matéria orgânica, P = fósforo, K = potássio, Ca = cálcio, Mg = magnésio, H+Al = hidrogênio mais alumínio, SB= soma de bases, V = saturação por bases.

*Análise de solo realizada no Departamento de Solos e Adubos da FCAV- Unesp-Jaboticabal.

2.3. Período, área, animais experimentais e método de pastejo

O período experimental iniciou-se no mês de novembro de 2010 com pastejo de uniformização da área experimental. O pastejo de implantação dos tratamentos ocorreu em dezembro quando os piquetes atingiram 95% de interceptação luminosa (IL), juntamente com o início das amostragens do capim para caracterização dos mesmos, sendo encerradas no mês de maio de 2011.

A área de pastagem com 1,2 ha, formada há 14 anos com capim *Panicum maximum* Jacq cv. Tanzânia foi dividida em piquetes de 243 m² cada. Foram utilizados para a condução do experimento 18 piquetes, divididos em três tratamentos.

O critério de entrada dos animais nos piquetes em todo período experimental foi de 95% de IL e o critério de interrupção do pastejo utilizado como tratamento para as mensurações de metano e para as variáveis morfológicas da forragem foi o índice de área foliar residual (IAFr), correspondente a 0,8; 1,6 e 2,4. O IL e o IAFr foram medidos com aparelho analisador de dossel – AccuPAR Model LP – 80 PAR/LAI (Decagon devices®). O controle do IAFr do pasto foi feito através do ajuste da lotação animal em cada piquete pelo método “put and take”, com três dias de ocupação. Os animais permaneciam nos piquetes por 11 horas durante o período diurno com acesso a água e no período noturno eram levados ao galpão, onde tinha acesso *ad libitum* a água e sal mineral. Não foi fornecido outro tipo de alimentação no período noturno para garantir que a emissão de metano correspondesse apenas produção gerada pelo consumo da forrageira.

As avaliações para as variáveis morfológicas foram realizadas segundo delineamento em blocos casualizados, com seis repetições. Nas variáveis relacionadas à mensuração de metano, utilizou-se delineamento em blocos casualizados com cinco repetições, onde os piquetes foram considerados blocos e os cinco animais as repetições dentro de blocos.

2.4. Massa e componentes morfológicos do capim-tanzânia

Foram feitas medidas das alturas do dossel no pré e pós pastejo, com auxílio de régua, graduada em centímetros. As medidas foram feitas em 20 pontos aleatórios por piquete.

Com o intuito da avaliação da massa seca de forragem (kg/ha) e componentes morfológicos foram realizados, com auxílio de tesoura de poda, cortes do capim-tanzânia rente ao solo, no pré e pós pastejo.

O corte da forragem foi realizado após estabelecidos dois pontos representativos da altura média de cada tratamento. Com o auxílio de um aro

metálico com de 0,5 m², foi delimitada a área onde o capim foi cortado. Após o corte, as amostras foram pesadas para obtenção da massa de forragem e uma subamostra de aproximadamente 400g foi retirada para separação dos diversos componentes morfológicos do capim-tanzânia definidos por folha, colmo (colmo+bainha) e material morto.

Os componentes morfológicos da forragem foram secos em estufa de circulação forçada de ar a 55°C, durante 72h. Em seguida, foi determinada a matéria seca (MS) da forragem colhida. Esses dados foram usados na identificação das diferenças de produções, em kg de folha, haste e material morto em cada tratamento.

2.5. Procedimentos na aferição de metano ruminal

Foram utilizadas 15 cabras adultas da raça Anglo Nubiano, com média de peso de 56,8 Kg não gestantes e não lactantes, distribuídas aleatoriamente nos três tratamentos de IAFr. As coletas de metano foram realizadas em abril de 2011, período de transição entre as estações de chuva e seca. As avaliações foram realizadas segundo delineamento em blocos casualizados com 5 repetições, onde os 2 piquetes foram considerados blocos e os animais as repetições dentro de bloco.

A técnica utilizada para a coleta de metano foi a do gás traçador hexafluoreto de enxofre (SF₆) descrita por Jonhson et al. (1994) e conforme adaptação para o Brasil segundo Primavesi et al. (2004).

As cápsulas de latão com o gás traçador eram constituídas de uma pastilha porosa de metal (porous stainless-steel frit) para suportar a pressão interna, uma membrana de TeflonTM para controlar a emissão do gás traçador e uma arruela (Lassey, et al., (2001). As arruelas foram confeccionadas a partir de bastão compacto de nylon 6.6. e a membrana de TeflonTM utilizada tinha 0,5 mm de espessura.

Foi considerada faixa de emissão entre 500 a 1000 ng/min, conforme detalhado no capítulo anterior, como critério de escolhas das cápsulas e, as que permaneceram com emissão constante dentro dessa faixa, foram

utilizadas no experimento e introduzidas no rúmen dos animais, por meio de sonda esofágica 10 dias antes do início das coletas.

Os recipientes coletores dos gases expirado/eructado, foram confeccionados com tubos de PVC de alta pressão (PN 80 – 8,0Kgf/cm²), com 100mm de diâmetro interno (4”) e 3,6mm de espessura de parede. Os recipientes assumiram a forma de cilindro com um volume interno de 2 litros (cilindro coletor). Todos os testes de pressão e vácuo foram feitos de acordo com a metodologia de mensuração de emissão de metano para bovinos adaptadas para o Brasil (PRIMAVESI, et al., 2004).

O cilindro coletor dos gases, depois de evacuado (-12.00 a -12.60 psi), foi alocado no dorso do animal, próximo a cernelha, com a ajuda de um aparato similar a uma sela utilizado em equinos.

O ar expirado/eructado pelo animal e armazenado no cilindro foi coletado através de um conjunto formado por filtro, tubo capilar de aço inox e mangueiras de PTFE (politetrafluoretileno – Teflon), alocado próximo à narina e preso por um cabresto, semelhante ao utilizado na metodologia desenvolvida para bovinos. O fluxo no tubo capilar foi ajustado de modo que após 24 horas de coleta, o ar coletado ocupasse metade da capacidade do cilindro.

2.5.1. Análise de metano e SF₆

As medidas das concentrações de SF₆ e metano foram realizadas por meio da técnica de cromatografia gasosa. Para isso os cilindros foram pressurizados com N₂ até atingirem uma pressão positiva e registrado seu valor exato, e conectados diretamente no cromatógrafo para as leituras dos gases. O cromatógrafo a gás é equipado com dois injetores conectados a dois loops de aço inox com capacidades de 0,5 mL, acoplados a duas válvulas de seis vias com controle pneumático, detectores de ionização de chama (FID) do metano e de captura de elétrons (μ -ECD) para SF₆, e com duas colunas megabore Plot HP-Al/M (no metano) e HP-MolSiv (para SF₆). A partir da taxa conhecida de liberação do traçador no rúmen, das concentrações de metano e do traçador nas amostras de gás capturado, o fluxo de metano liberado pelo

animal é calculado em relação ao fluxo de SF₆ medido, segundo Westberg et al. (1998).

2.5.2. Adaptação dos animais e coleta do metano

A adaptação dos animais aos aparatos de coleta de CH₄ foi gradativa, sendo dois dias durante o período diurno com o aparato desenvolvido para fixar o cilindro coletor dos gases no dorso do animal, denominado sela, mais dois dias com a sela o dia todo. Novamente mais dois dias de adaptação foram feitos com os animais utilizando o aparato de coleta completo (sela, cabresto e cilindro coletor).

As coletas foram feitas em seis dias consecutivos, obedecendo os três dias de ocupação dos piquetes. Os cilindros eram trocados a cada 24 horas sempre pela manhã antes das cabras entrarem nos piquetes de pastejo. Foram também preparados dois cilindros adicionais por dia denominado branco para coleta do ar ambiental a fim de medir possíveis contaminações ambientais, os quais acompanhavam as cabras nos piquetes e no aprisco.

2.6. Estimativa de consumo

Das cinco cabras utilizadas para a mensuração de metano entérico, escolheu-se aleatoriamente quatro para a estimativa de consumo, por tratamento. Foram utilizados dois indicadores, um para estimativa da produção fecal e outro para a estimativa do consumo de pasto.

A estimativa da produção fecal foi realizada utilizando como indicador externo a LIPE® - lignina purificada extraída do *Eucalyptus grandis*, que é um hidroxifenil propano modificado e enriquecido. As cápsulas de LIPE® com 250 mg do produto, foram fornecidas diariamente por 10 dias consecutivos, sendo 4 dias de adaptação e 6 dias de coleta, feitas logo após a coleta de metano. As amostras de fezes foram coletadas diariamente por indivíduo, secas em estufa a 55°C e enviadas à Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) para

estimar a produção de matéria seca fecal a partir de dois métodos de leitura conforme descrito por Saliba e Araujo (2005).

O consumo de forragem foi estimado com base na produção fecal, e na determinação de FDNi das fezes e do extrato pastejável. A determinação do FDNi foi realizada após incubação *in situ* do material por 288 horas (DETMANN et al. (2012), e posterior extração com detergente neutro conforme descrito por Mertens (2002) cuja análise foi realizada nas amostras de fezes e de forragem.

2.7. Coleta e análise químico-bromatológica

A composição químico-bromatológica do capim-tanzânia foi determinada na amostra do extrato pastejável. O extrato pastejável foi coletado considerando-se a massa entre a altura média do piquete a ser pastejado, subtraído da altura do resíduo do piquete anterior, do respectivo tratamento.

Este procedimento foi realizado em três pontos por piquete para formar uma amostra composta representativa.

As determinações de matéria seca (MS) e extrato etéreo (EE) foram realizadas conforme técnicas descritas pela AOAC (1995)_segundo protocolos: MS 934,01 e EE 954,02. A determinação do teor de PB foi determinada pelo método Kjeldahl (AOAC, 1990), multiplicando-se o teor de nitrogênio por 6,25. Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram determinados conforme proposto por Van Soest & Robertson (1985). A energia bruta (EB) foi obtida por meio da queima total da amostra em bomba calorimétrica adiabática PARR 6510.

2.8. Análise Estatística

As variáveis relacionadas as características da forragem no pré e pós pastejo foram analisadas segundo delineamento em blocos casualizados, com três tratamentos (IAFr) em esquema de parcelas subdivididas no tempo (3 ciclos de pastejo). Foram realizados os testes de pressuposição de

normalidade dos erros e teste de esfericidade da matriz de variâncias e covariâncias entre as variáveis estudadas e ciclos de pastejo. Quando rejeitada a hipótese de esfericidade, estimou-se a estrutura de covariância que melhor se ajustou aos dados. Nas comparações entre ciclo de pastejo e índice de área foliar residual (IAFr) utilizou-se contrastes ortogonais polinomiais (1º e 2º Grau).

As variáveis relacionadas a emissão de metano foram analisadas segundo delineamento em blocos casualizados, com três tratamentos (IAFr) em esquema de parcelas subdivididas no tempo (6 dias), com 5 repetições (animais). Foram realizados os testes de pressuposição de normalidade dos erros e teste de esfericidade da matriz de variâncias e covariâncias entre as variáveis estudadas e ciclos de pastejo. Quando rejeitada a hipótese de esfericidade, estimou-se a estrutura de covariância que melhor se ajustou aos dados. Nas comparações entre índice de área foliar residual (IAFr) utilizou-se contrastes ortogonais polinomiais (1º e 2º Grau).

As análises foram realizadas utilizando o pacote estatístico SAS (versão 9.2, SAS Institute, Cary, NC, EUA)

3. Resultados

Os valores de IL médio nas condições de pré pastejo foram 96,9; 98 e 97%, respectivamente, para os tratamentos 0,8; 1,6 e 2,4 de IAFr, um pouco acima da meta determinada como critério de entrada de 95% de IL. Os IAFr medidos no pós pastejo nos tratamentos 0,8; 1,6 e 2,4 foram 0,8; 1,7 e 2,4, respectivamente, sendo os objetivos da manutenção dos diferentes IAFr alcançados.

As variáveis massa seca total (MST) e massa seca de colmo (MSC) foram influenciadas pelos IAFr e apresentaram aumento linear ($p < 0,10$) no pré pastejo, quando os IAFr eram maiores. Nas demais variáveis, no entanto, não se observou ($p > 0,10$) essa influencia. No pós pastejo (Tabela 2), foi verificado efeito linear crescente apenas na variável massa seca de folha (MSF)

Os dados médios de emissão de metano em relação ao peso bem como ao consumo e perda de energia bruta em função dos IAFr (Tabela 3) não denotam diferença estatística significativa ($p>0,05$), diferença é somente observada na variável consumo, onde, efeito linear ($p<0,0001$) foi verificado com o aumento dos IAFr.

Os valores relativos às características químico-bromatológicas do capim-tanzânia foram semelhantes ($p>0,05$) independentemente do IAFr imposto (Tabela 4) em todas as variáveis analisadas.

Tabela 2. Valores médios (kg/ha) e correspondentes comparações de contraste dos componentes morfológicos do capim-tanzânia, em função dos índices área foliar residual.

Componentes Morfológicos		IAFr			Efeito ²	P ³
		0,8	1,6	2,4		
Pré-pastejo	MSF ¹	3494	3656	4496	-	>0,10
	MSC	5106	5601	6380	L	0,0353
	MSMM	1636	2240	1541	-	>0,10
	MST	10237	11498	12418	L	0,0998
	F/C	0,71	0,67	0,71	-	>0,10
Pós-pastejo	MSF	933	1502	1658	L	0,0214
	MSC	3637	3607	3916	-	>0,10
	MSMM	929	861	962	-	>0,10
	MST	5500	5971	6537	-	>0,10

¹: os valores estão expressos em kg/ha. ² L (efeito linear, considerando $p<0,10$) ³ Probabilidade associada ao teste F, para contrastes. IAFr: índice de área foliar residual; MSF: massa seca de folha; MSC: massa seca de colmo; MSMM: massa seca de material morto; MST: massa seca total.

Tabela 3. Consumo, emissão média diária de metano por animal, por peso metabólico e por matéria seca ingerida, e perda de energia em cabras em função dos índices de área foliar residual de pastos de capim-tanzânia.

	IAFr			Efeito ¹	P ²
	0,8	1,6	2,4		
Consumo (g/dia)	505 ± 15	514 ± 15	591 ± 15	L	<0,0001
CH ₄ /animal (g/animal)	18,1 ± 1,1	18,9 ± 1,1	17,4 ± 1,1	-	>0,10
CH ₄ /peso metabólico (g/peso corporal ^{0,75})	0,91 ± 0,05	0,88 ± 0,05	0,84 ± 0,05	-	>0,10
CH ₄ /MS ingerida (g/kg)	35,7 ± 2,7	37,3 ± 2,7	31,8 ± 2,7	-	>0,10
Perda de energia bruta (%)	12 ± 0,9	12 ± 0,9	10 ± 0,9	-	>0,10

¹L: efeito linear, considerando p<0,10; ² Probabilidade associada ao teste F, para contraste. CH₄: metano; IAFr: índices de área foliar residual; MS: matéria seca; Peso metabólico: peso corporal^{0,75}. Perda de energia bruta na forma de metano foi calculada utilizando a média da energia da forragem dos dois piquetes utilizados para mensuração de metano.

Tabela 4. Média da composição químico-bromatológica do extrato pastejável do capim-tanzânia, em função dos índices de área foliar residual.

Variáveis	IAFr			P ¹
	0,8	1,6	2,4	
PB (%) *	13,27	14,62	13,83	>0,10
FDN (%)	68,48	70,36	70,26	>0,10
FDA (%)	29,17	30,12	28,6	>0,10
EB (MJ/kg de MS)	16,2	16,7	16,6	>0,10
Cinzas (%)	9,8	9,0	9,1	>0,10

¹= probabilidade associada ao teste F; *= não significativo IAFr: índices de área foliar residual; PB: proteína bruta; FDN: fibra insolúvel em detergente neutro; FDA: fibra insolúvel em detergente ácido; EB: energia bruta.

4. Discussão

Neste estudo pesquisou-se a influência da intensidade de pastejo, medida pelo IAFr, nas características do pasto de capim-tanzânia e na emissão de metano por caprinos sob pastejo intermitente.

Devido ao fato do capim-tanzânia ser uma forrageira de clima tropical, elevado MST e MSC eram esperados, e foi o ocorrido. Assim verificou-se no pré pastejo valores médios nos três IAFr de 11395 kg/ha para a MST e de 5696 kg/ha para a MSC (Tabela 2). Semelhante ao observado neste estudo, Quadros et al.(2002) verificaram no capim-tanzânia valores de MST entre 7710 a 10344 kg/ha, e MSC entre 2057 a 3752 kg/ha, quando manejado com resíduo pós pastejo de 30 cm de altura, valores estes considerados próximos aos obtidos no presente trabalho.

O aumento linear da MST e de MSC no pré pastejo, em contrapartida manutenção da MSF nos diferentes IAFr (Tabela 2), leva a supor que o maior IAFr, possibilitou maior acúmulo de perfilhos. Esse acúmulo, com o avanço do tempo, possivelmente refletiu em perfilhos de idade fisiológica mais avançada, portanto mais pesados, refletindo em maior MSC e consequentemente, maior MST, uma vez que a porção colmo também faz parte desta variável. Martha Junior et al. (2002) verificaram também comportamento semelhante, em trabalho com capim-tanzânia em diferentes resíduos pós pastejo, sob pastejo intermitente.

Outro fato a ser considerado para explicar o aumento na proporção de colmo de 49,9% no IAFr 0,8 para 62,3% no IAFr 2,4, em relação a MST no pré pastejo, é a presença de maior MSF no pós pastejo (Tabela 2). As folhas remanescentes do pós pastejo, propiciam maior sombreamento das camadas inferiores do dossel, este ambiente induz a planta a buscar luz em camadas mais altas, propiciando aumento da taxa de alongamento de colmo, consequentemente da massa.

Sbrissia e Da Silva (2001) relatam que em gramíneas de crescimento cespitoso o alongamento do colmo, consequentemente aumento da MSC, é uma variável importante a ser avaliada, pois se relaciona positivamente com a massa da forragem, incrementando a produção por área da forragem, fato que vem a confirmar os resultados do presente trabalho.

Ao considerar o fato dos animais terem maior preferência pelas lâminas foliares, é esperado que nos menores IAFr houvessem menores quantidades de folhas no pós pastejo. Esse fato foi confirmado no presente estudo. (Tabela 2). Este mesmo comportamento de menor resíduo pós pastejo quando em

maiores intensidades de manejo também foi evidenciado por BRATTI et al., (2009) em estudo com azevém e aveia-preta, pastejada por caprinos.

Pela maior preferência dos animais às laminas foliares e pelo fato do aumento da MSC, pode-se inferir que com o aumento do IAFr houve menor controle do colmo.

Como os IAFr do presente trabalho foram obtidos pelo método “put and take”, os maiores IAFr, ao final do terceiro e último dia de ocupação, foram alcançados com menor número de animais. Esse fato resultou em maior MSF no pós pastejo, entendido como sobras de folhas que não eram consumidas, pois os animais possivelmente possuíam oferta de folhas acima do necessário para o período de pastejo. Esta maior oferta de folhas aliada à preferência dos animais por lâminas foliares, possibilitou maior consumo de forragem (Tabela 3) no maior IAFr.

Este aumento no consumo no tratamento com maior oferta de forragem e menor pressão de pastejo também foi observada por Balsalobre (2002) que avaliou o consumo de bovinos em pastejo rotacionado, com três tratamentos de resíduo pós pastejo, onde obteve maior consumo nos resíduos mais altos.

Apesar de o consumo ter aumentado linearmente nos maiores IAFr, este apresentou valor médio de 0,94% de matéria seca expressa em relação ao peso corporal, valor que ficou abaixo do esperado para caprinos. Valores superiores na porcentagem do consumo de matéria seca, foram observados por Aguiar et al (2006) onde encontraram ingestão voluntária nos caprinos alimentados com feno de cinco gramíneas forrageiras, na ordem de 1,82 a 2,14% em relação ao peso corporal.

Dietas com altas densidades calóricas definem o consumo, devido a saciedade da demanda energética animal, porém o consumo de dietas de baixo valor nutritivo e baixa intensidade energética é determinado pela capacidade física do trato gastrintestinal (VAN SOEST, 1994). O enchimento do trato digestório está relacionado diretamente com o teor de FDN (MERTENS, 1992) e, segundo Mertens (1987), plantas forrageiras variando de 25 a 70% de FDN na matéria seca, o consumo estaria limitado a 1,2% de FDN em relação ao peso corporal, para bovinos.

Os teores de FDN e das demais variáveis não variaram entre os diferentes IAFr e estão compatíveis para a espécie de clima tropical (CANO et

al, 2004; BRANCIO et al, 2003; GERDES et al, 2000). Ao comparar o consumo em relação ao FDN encontrado no presente experimento com o valor preconizado por Mertens (1987), verificou-se valor de 0,66% de consumo médio de FDN em relação ao peso corporal no presente trabalho, que é menor do que o preconizado pelo referido autor, de 1,2%. O menor consumo encontrado no presente trabalho também pode ser consequência da categoria animal utilizada, que é de cabras adultas, secas.

O fato do consumo de MS e de FDN em relação ao peso corporal ter sido abaixo do esperado, indica que há outros fatores não controlados no presente experimento influenciando no consumo. Estes fatores podem estar ligados ao comportamento ingestivo (MOSS, 2001), bem como às características da espécie forrageira como tamanho de folha, altura e estrutura do dossel forrageiro e degradabilidade, dentre outros.

Segundo Johnson e Johnson (1995) uma das variáveis que influenciam a emissão do metano é o consumo, porém o aumento de 17% no consumo das cabras entre os IAFr de 0,8 e 2,4 encontradas no presente trabalho, não foi capaz de influenciar a emissão de metano. Este fato pode sinalizar que pequenas mudanças no consumo não são capazes, isoladamente, de causar efeito na mudança da emissão de metano, pelo menos com a utilização da técnica empregada no presente estudo.

A produção de metano em ruminantes criados em ambiente tropical, quando mantidos em sistemas de pastejo, é afetada pela constituição morfológica e composição química das plantas forrageiras deste ambiente (MOSS, 2001). Neste sentido, diferenças na digestibilidade (ALUWONG, et al., 2011), bem como diferenças entre gramíneas C3 e C4 (ARCHIMÈDE et al 2011) são fatores importantes a serem considerados.

Assim sendo, a semelhança entre as emissões de metano com o aumento do IAFr (Tabela 3) pode ser justificada pela análise química do capim em estudo que foi semelhante entre os três IAFr (Tabela 4).

Os resultados da emissão de metano com média de 18,1 g/dia para as cabras utilizadas no presente experimento ou 5,1 kg/ano para um animal de 40 kg, cálculo realizado levando em consideração o peso metabólico, estão de acordo com os valores reportados pelo IPCC (2006) de 5,0 kg CH₄/ano para um animal de mesmo peso. O valor apresentado pelo referido órgão, é um

valor estimado onde foi considerada uma aproximação com animais de sistema digestivo semelhante e feito o ajuste em função do peso metabólico.

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 *Sericea lespedeza* e alfafa (*Medicago sativa*) em diferentes frequências de fornecimento. Estes valores estão próximos ao encontrado no presente trabalho de 0,88 g/peso metabólico. Vale salientar que no estudo dos autores supracitados, os teores de FDN foram de 39% e 38% para *Sericea lespedeza* e alfafa respectivamente, valores bem menores ao encontrado no presente trabalho (Tabela 4).

Em trabalho realizado com caprinos com peso médio de 34 kg alimentados com sorgo (*S. bicolor*; G) contendo 68% de FDN, utilizando a técnica de câmaras respirométricas, Animut et al (2008) encontraram valores de emissão de metano de 1,0 g/peso metabólico. Este valor se encontra próximo ao encontrado no presente trabalho para emissão de metano e porcentagem de FDN na forragem, porém quando se compara a emissão de metano por ingestão de matéria seca, os autores reportaram valor de emissão de metano por kg de matéria seca ingerida de 22,5 g/MSI, inferior ao encontrado no presente trabalho de 34,9 g/MSI.

É possível que a emissão de metano por caprinos em áreas com capim-tanzânia pudesse ser diferenciada entre os tratamentos de IAFr, caso as mensurações tivessem sido realizadas em épocas diferentes do ano, modificando tanto a emissão de metano como a ingestão. Entretanto optou-se pela realização destas medições no mês de abril para garantir que houvesse estabilização dos animais e do pasto, período considerado como transição entre água e seca. A estratégia adotada foi em função do custo elevado da técnica e o curto período de utilização dos animais, dada a meia vida limitada das cápsulas usadas pela metodologia em questão, que ainda é a mais indicada para animais em pastejo.

Entretanto, estudos futuros avaliando outras condições do pasto poderão evidenciar se a suposição sobre a variabilidade de emissão de metano em outras condições de pasto é procedente, uma vez que o potencial de uma planta forrageira é representado pela qualidade química e produção de matéria

seca, e estas são diretamente influenciadas pelo solo, condições climáticas, idade fisiológica da planta (VAN SOEST, 1994) e pelo manejo a que o pasto é submetido.

Pelo exposto, estudos que contemplem a quantificação de metano em diferentes sistemas de produção, juntamente com estudos de maximização da utilização da planta, sem prejuízo à planta e ao desempenho animal, tornam-se necessários para que sejam propostas estratégias de mitigação do metano, isto é, menor emissão de metano por kg de produto.

Em suma, neste estudo observou-se que a intensidade de pastejo, em função do IAFr, afetou características do pasto e consumo mas não a emissão de metano por cabras Anglo Nubiano. Este é o primeiro estudo sobre a influência da intensidade do pastejo, em função do IAFr, na produção da forragem e emissão de metano, pastejada por caprinos. Além disso, nesse estudo mensurou-se pela primeira vez a emissão de metano destes animais utilizando a técnica do gás traçador que é a mais recomendada para tal sistema de manejo. Esses dados podem contribuir com os cálculos reais de emissão de metano de caprinos em condições de pastejo, sendo esta situação que representa aquela onde a maior parte destes animais é criada em diversas regiões do mundo.

5. Conclusões

A utilização de diferentes IAFr leva a mudanças nas características de massa seca total, massa seca de colmo e de folha do capim-tanzânia, sem alterar a produção de metano.

O valor da emissão de metano de cabras sob pastejo intermitente em pastos de capim-tanzânia é de 0,88 g/kg de peso metabólico (peso corporal^{0,75}) ou 5,1 kg/ano para um animal de 40 kg de peso corporal.

6. Referências bibliográficas

AGUIAR, E. M.; LIMA, G. F. C.; SANTOS, M. V. F.; CARVALHO, F. F. R.; MEDEIROS, H. R.; MACIEL, F. C.; JANUÁRIO, A. C. C. Consumo voluntário e digestibilidade de fenos triturados de gramíneas tropicais em caprinos. **Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa**, v. 35, n. 6, p. 2219-2225, 2006

ALUWONG, T.; WUYEP, P. A.; ALLAM, L. Livestock-environment interactions: Methane emissions from ruminants. **African Journal of Biotechnology**, Victoria Island, v. 10, n. 8, p. 1265-1269, 2011. Disponível em: <<http://www.academicjournals.org/AJB>>

ANIMUT, G.; PUCHALA, R.; GOETSCH, A. L.; PATRA, A. K.; SAHLU, T.; VAREL, V. H.; WELLS, J. Methane emission by goats consuming diets with different levels of condensed tannins from lespedeza. **Animal Feed Science and Technology**. v. 144, p. 212–227, 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.10.014>

ARCHIMÈDE, H.; EUGÈNE, M.; MARIE MAGDELEINE, C.; BOVAL, M.; MARTIN, C.; MORGAVI, D. P.; LECOMTE, P.; DOREAU, M. Comparison of methane production between C3 and C4 grasses and legumes. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v. 166– 167, p. 59– 64. 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.04.003>>.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official Methods of Analysis of the Association of the Analytical Chemists**. 15 th ed. Whashington, 1990.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official Methods of Analysis of the Association of the Analytical Chemists**. 16 th ed. Whashington, 1995.

BALSALOBRE, M. A. A. **Valor alimentar do capim Tanzânia irrigado**. 2002, 113p. Dissertação (Doutorado) - Escola superior de agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

BARBOSA, R. A.; NASCIMENTO JR., D.; EUCLIDES, V. P. B.; SILVA, S. C. DA; ZIMMER, A. H.; TORRES JUNIOR, R. A. A. Capim – tanzânia submetido a combinações entre intensidade e frequência de pastejo . **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 3, p. 329-340, 2007.

BEAUCHEMIN, A.K.; KREUZER, M.; O’MARA, F.; MCALLISTER. A.T. Nutritional management for enteric methane abatement: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v. 48, n. 2, p. 21–27, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1071/EA07199>>

BHATTA, R.; ENISHI, O.; TAKUSARI, N.; HIGUCHI, K.; NONAKA, I.; KURIHARA, M. Diet effects on methane production by goats and a comparison between measurement methodologies. **Journal of Agricultural Science** (2008), 146, 705–715. 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1017/S0021859608007983>>.

BOADI, D.; BENCHAAR, C.; CHIQUETTE, J.; MASSÉ D. Mitigation strategies to reduce enteric methane emissions from dairy cows: update review. **Canadian Journal of Animal Science**. Ottawa, v. 84, n. 3, p. 319-335, 2004.

BRANCIO, P. A.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; EUCLIDES, V. P. B.; FONSECA, D. M.; ALMEIDA, R. G.; MACEDO, M. C. M.; BARBOSA, R. A. Avaliação de três cultivares de *Panicum maximum* Jacq. sob pastejo: composição da dieta, consumo de matéria Seca e ganho de peso animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 5, p.1037-1044, 2003.

CANO, C. C. P.; CECATO, U.; CANTO, M. W.; SANTOS, G. T.; GALDEIRO, S.; MARTINS, E. N.; MIRA, R. T. Valor nutritivo do capim-tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia-1) pastejado em diferentes alturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n. 6, p.1959-1968, 2004.

CUTRIM JUNIOR, J. A. A.; CÂNDIDO M. J. D.; VALENTE, B. S. M.; CARNEIRO, M. S. S.; CARNEIRO, H. A. V. Características estruturais do dossel de capim-tanzânia submetido a três frequências de desfolhação e dois resíduos pós-pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 3, p. 489-497, 2011.

DETMANN, E.; VALENTE, T. N. P.; SAMPAIO, C. B. Avaliação da fibra em detergente neutro indigestível e da fibra em detergente ácido indigestível. In.: **Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia – INCT, Métodos para Análise de Alimentos**, Viçosa:UFV, 2012, cap. 10, 214 p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, EMBRAPA, 2006. 306p.

FAO . FAOSTAT. Statistics database 2010. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/default.aspx>> Acesso em 16 janeiro 2013

GERDES, L.; WERNER, J. C.; COLOZZA, M. T.; POSSENTI, R. A.; SCHAMMASS, E. A. Avaliação de Características de Valor Nutritivo das Gramíneas Forrageiras Marandu, Setária e Tanzânia nas Estações do Ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 955-963, 2000.

IPCC – Intergovernmental panel on climate change. **Revised IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories**: Reference manual. - Emissions from livestock and manure management. Cambridge: University Press, 2006.

JOHNSON, K. A; HUYLEY, M. T.; WESTBERG, H. H.; LAMB, B. K.; ZIMMERMAN, P. Measurements of methane emissions from ruminant livestock a SF₆ tracer technique. **Environmental Science and Technology** v. 28, p. 359-362, 1994. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1021/es00051a025>>.

JOHNSON, K. A; JOHNSON, D. E. Methane emissions from cattle. **Journal of Animal Science**. Champaign, v. 73, n. 8, p. 2483-2492, 1995. Disponível em:< <http://jas.fass.org/content/73/8/2483>>.

LASSEY, K. R.; WALKER, C. F.; MCMILLAN, A. M. S.; ULYATT, M. J. On the performance of SF₆ permeation tubes in determining methane emission from grazing livestock. **Chemosphere** – global change science, Oxford, v. 3, n. 4, p. 367-376, 2001. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S1465-9972\(01\)00017-4](http://dx.doi.org/10.1016/S1465-9972(01)00017-4)>.

MARTHA JÚNIOR, G.B.; CORSI, M.; BARIONI, L.G.; VILELA, L. Intensidade de desfolha e produção de forragem do capim-tanzânia irrigado na primavera e no verão. **Pesquisa. Agropecuária. Brasileira.**, Brasília, v. 39, n. 9, p. 927-936, 2004.

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.

MERTENS, D. R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fibre in feeds with refluxing beakers or crucibles: collaborative study. **Journal AOAC International**, Gaithersburg, v.85, n. 6, p.1217-1240, 2002.

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

MOSS, A. R. Environmental control of methane production by ruminants. In: **Internacional conference on greenhouse gases and animal agriculture – GGAA**, 1., 2001, Hokkaido. **Proceedings...** Hokkaido: Greenhouse gases and Animal Agriculture, 2001. p. 35-43.

MOTT, G. O. Grazing pressure and the measurement of pasture production. In: **INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS**, 8., 1960, Reading, **Proceedings**, 1960. p.606-611.

PRIMAVESI, O.; FRIGHETTO, R. T. S.; PEDREIRA, M. S.; LIMA, M. A.; BERCHIELLI, T. T.; MEMARCHI, J. J. A. A.; MANELLA, M. Q.; BARBOSA, P. F.; JOHNSON, K. A.; WESTBERG, H. H. **Técnica do gás traçador SF₆ para medição de campo do metano ruminal em bovinos: adaptações para o Brasil**. (Documento 39) São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2004.77p.

PUCHALA, R.; ANIMUT, G.; PATRA, A. K.; DETWEILER, G. D.; WELLS, J. E.; VAREL, V. H.; SAHLU, T.; GOETSCH, A. L. Methane emissions by goats consuming *Sericea lespedeza* at different feeding frequencies. **Animal Feed Science and Technology**. Amsterdam, v. 175, p. 76– 84, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.03.015>>.

QUADROS, D. G.; RODRIGUES, L. R. A.; FAVORETTO, V.; MALHEIROS, E. B.; HERLING, V. R.; RAMOS, A. K. B. Componentes da produção de forragem em pastagens dos capins Tanzânia e Mombaça adubadas com quatro doses de NPK. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa., v.31, n.3, p.1333-1342, 2002 (suplemento).

ROCHA, M. G.; QUADROS, F. L. F.; GLIENKE, C. L.; CONFORTIN, A. C. C.; COSTA, V. G.; ROSSI, G. E. Avaliação de espécies forrageiras de inverno na Depressão Central do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, n.6, p.1990-1999, 2007 (suplemento).

SALIBA, E. O. S.; ARAÚJO, V. L. **Teleconferencia sobre o uso de indicadores em nutrição animal**. UFMG, 2005, 45p.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT user's guide**: version 8. Cary, 1999. 1028p.

SBRISSIA, A. F.; DA SILVA, S. C. O ecossistema de pastagens e a produção animal. In: **Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 38, 2001, Piracicaba. Anais... Piracicaba: SBZ, 2001. p.731-754.

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

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

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B. **Analysis of forages and fibrous food** – a laboratory manual for animal science. Ithaca: Cornell University, 1985. 202 p.

WESTBERG, H.H.; JOHNSON, K.A.; Cossalman, M.W.; Michal, J.J. 1998. A SF6 Tracer Technique: Methane Measurement from Ruminants. In: **USEPA-Evaluating Ruminant Livestock Efficiency Projects and Programs**, 2000, Washington,D.C.,U.S.A.

CAPÍTULO 4 – EFEITO DO TANINO NA EMISSÃO DE METANO EM CAPRINOS A PASTO

Resumo -

O estudo foi conduzido para verificar o efeito do fornecimento do tanino na emissão do metano ruminal e se a resposta persiste durante o tempo. Foram utilizados 12 cabras da raça Anglo Nubiano em pasto de capim-tanzânia em sistema de pastejo intermitente. Foi utilizado o tratamento controle e tratamento com adição de tanino. A avaliação da emissão de metano foi realizada em três períodos com intervalos de 30 dias, utilizando a técnica do gás traçador hexafluoreto de enxofre. Não houve diferença ($p>0,05$) entre os tratamentos, para a variável emissão de metano por animal, porém foi verificado efeito ($p<0,05$) e valores menores, na emissão de metano por peso metabólico (peso corporal^{0,75}) e consumo, para o tratamento com tanino. Considerando-se o período, houve efeito quadrático ($p<0,05$) para o consumo com menor valor no período dois. Efeito quadrático, porém com maiores valores no mesmo período foram verificados para as variáveis, emissão de metano por matéria seca ingerida e porcentagem de perda de energia bruta na forma de metano. Nos cinco dias de coleta verificou-se efeito linear ($p<0,05$) decrescente nas variáveis, emissão de metano por animal e por peso metabólico e efeito quadrático nas demais variáveis analisadas. A semelhança obtida na produção de metano, provavelmente deve-se ao fato da dose do extrato de quebracho (*Schinopsis quebracho* - colorado) fornecido como fonte de tanino, ficar abaixo do limiar requerido para redução do gás, afetando a digestibilidade da fibra apenas, o que ocasionou diminuição no consumo. Como não houve efeito do tanino na emissão de metano, não foi possível verificar o efeito do uso prolongado do referido composto.

Palavras-chave: extrato de quebracho, forrageira tropical, gás de efeito estufa, hexafluoreto de enxofre, ruminantes.

1. Introdução

O metano (CH_4) é um dos gases responsáveis pelo efeito estufa (GEE) e os ruminantes são responsáveis por emitir 80 milhões de toneladas desse gás por ano (BEAUCHEMIN, 2008). Este metano entérico liberado para a atmosfera representa uma perda para o animal de 2 a 12% da energia bruta ingerida, segundo Johnson e Johnson (1995). Trabalhos têm sido realizados com o intuito de diminuir esta perda de metano tanto para melhorar a resposta animal como para diminuir a quantidade deste gás liberado para a atmosfera.

Algumas das alternativas para a redução da emissão desse gás são: redução do número de animais, mantendo o mesmo nível de produção; identificação e utilização de animais com menores emissões de metano; adição de grãos na dieta; melhoria na qualidade da forragem e manipulação da fermentação ruminal, bem como a utilização de espécies forrageiras que contenham na composição compostos secundários ou extratos que reduzem de alguma forma a emissão de metano. Com este intuito trabalhos estão sendo conduzidos com a utilização desses compostos, como o emprego de taninos e saponinas (PUCHALA et al., 2012; ANIMUT et al., 2008; BEAUCHEMIN et al., 2007; WAGHORN et al., 2002).

Os taninos são substâncias polifenólicas com pesos moleculares variados e de várias complexidades, eles podem ser classificados como hidrolisáveis ou condensados. Os taninos, dependendo da concentração e da natureza, possuem a capacidade de se ligar a proteínas que podem dessa forma, se comportar de forma “by-pass”, mas tanto os efeitos benéficos como os maléficos dependem não só de sua concentração como da espécie e estado fisiológico do animal (GOEL e MAKKAR, 2012). Outro efeito cuja finalidade tem despertado o interesse de pesquisadores é na redução da produção de metano.

Existem duas formas básicas de utilização do tanino com o intuito de reduzir a emissão de metano, a direta que afeta a atividade ou a população dos microorganismos metanogênicos, ou indireta, que leva a uma diminuição da degradação do alimento, diminuindo a produção de metano (TAVENDALE et al., 2005).

Estudos estão sendo conduzidos com o intuito de mensurar a produção de metano com o uso do tanino, porém como o tanino é administrado via forragem rica em tanino, pode haver um confundimento na interpretação dos dados devido a mudança na qualidade da forragem e na dose administrada, dificultando a comparação entre os trabalhos (BEUACHEMIN et al., 2007). Uma alternativa para padronização para estudar primeiramente o real efeito do tanino na mitigação de metano é o uso do extrato de tanino.

O objetivo do presente estudo foi determinar a influência do uso do extrato de tanino condensado na emissão de metano em caprinos sob pastejo e se o efeito persiste com o uso contínuo e prolongado do extrato.

2. Material e métodos

2.1. Local e dados meteorológicos

O experimento foi conduzido no Setor de Caprinocultura, pertencente a UNESP/FCAV, Campus de Jaboticabal, SP. Localizada a 21°15'22" de latitude sul, longitude de 48°18'58" W, a altitude de 595 m. De acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Aw, descrito como tropical de estiagem de inverno, com estação seca definida entre os meses de abril a setembro e concentração de chuvas nos meses de verão (outubro a março).

Os dados climáticos referentes à temperatura (°C) e precipitação pluviométrica (mm) foram obtidos na Estação Agroclimatológica do Departamento de Ciências Exatas da FCAV, UNESP, Campus de Jaboticabal/SP, (Figura 1).

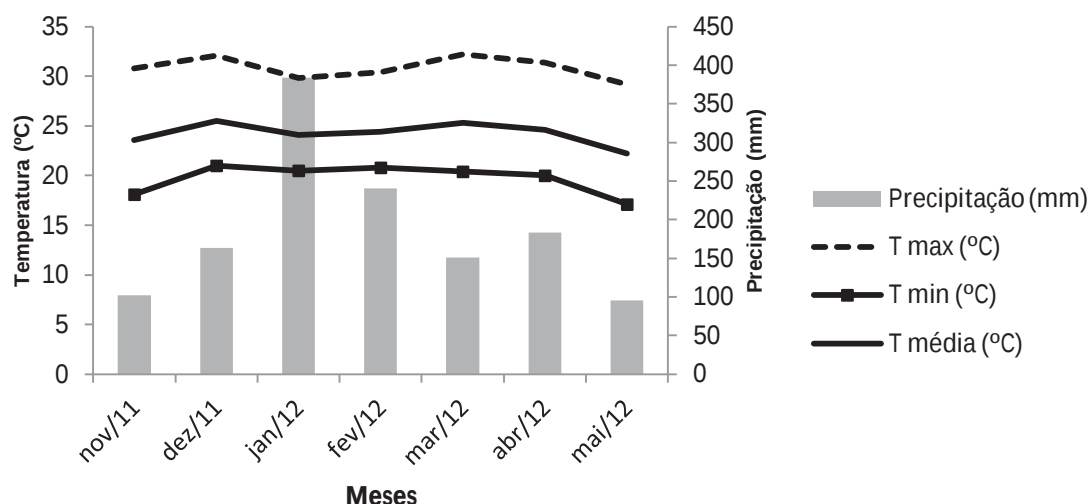


Figura 1. Valores acumulados de precipitação (mm) e médios de temperatura máxima, mínima e média (°C) em Jaboticabal, no período de novembro de 2011 a maio de 2012. Dados cedidos pelo Departamento de Ciências Exatas da FCAV, UNESP.

2.2. Adubação e solo da área experimental

O solo da área experimental é classificado como sendo Latossolo Vermelho Distrófico, típico textura argilosa à moderado, caulínico hipoférrico com relevo suavemente ondulado (EMBRAPA, 2006).

No início do mês de novembro de 2011 coletou-se amostra de solo, na profundidade de 0-20 cm para realização de análise de solo. Após análise realizou-se correções segundo as exigências nutricionais da gramínea utilizada como forrageira.

A adubação da área experimental consistiu de 100 kg de P_2O_5 e 100 kg de K_2O (formulação comercial 0 – 20 – 20), aplicados em dose única, antes do início do pastejo pelos animais e 200 kg de N (fonte uréia), parcelado em quatro aplicações. A primeira aplicação nitrogenada foi realizada no mês de novembro de 2011 e as três doses restantes foram aplicadas assim que os piquetes foram pastejados.

2.3. Área, período experimental e método de pastejo

A área experimental de 1,2 ha foi formada à 15 anos com capim *Panicum maximum* Jacq cv. Tanzânia e dividida em piquetes de 243 m², manejados em sistema de pastejo intermitente com 5 dias de ocupação.

O ensaio experimental iniciou-se em novembro de 2011 com pastejo de uniformização da área experimental. O critério de entrada dos animais no piquete foi o de 95% de interceptação luminosa (IL) e o critério de interrupção do pastejo foi o índice de área foliar residual (IAFr) de 0,8. O IL e o IAFr foram medidos com aparelho analisador de dossel – AccuPAR Model LP – 80 PAR/LAI (Decagon devices®). O controle do IAFr do pasto foi feito através do ajuste da lotação animal em cada piquete pelo do método “put and take”.

2.4. Massa total do capim-tanzânia

Com o intuito da avaliação da massa seca de forragem (kg/ha) foram realizados, com auxílio de tesoura de poda, cortes do capim-tanzânia rente ao solo, no pré pastejo, nos piquetes onde iam ser realizados a coleta do ar expirado/eructado para mensuração do metano ruminal das cabras.

O corte da forragem foi realizado depois de estabelecido dois pontos representativos da altura média de cada piquete. Com o auxílio de um aro metálico com de 0,5 m², foi delimitada a área onde o capim foi cortado. Após o corte, as amostras foram pesadas para obtenção da massa de forragem e uma subamostra de aproximadamente 200g foi retirada e seca em estufa de circulação forçada de ar a 55°C, durante 72h, para obtenção da matéria seca total.

A massa seca total obtida nos três piquetes ocupados para a mensuração da emissão de metano foi de 9.274; 11.570 e 9987 kg/ha, respectivamente para os piquetes 1, 2 e 3.

2.5. Coleta e análise químico-bromatológica da forragem

A composição químico-bromatológica do capim-tanzânia foi determinada na amostra do extrato pastejável. O extrato pastejável foi coletado considerando-se a massa entre a altura média do piquete a ser pastejado, subtraído da altura do resíduo do piquete anterior. Este procedimento foi realizado em três pontos por piquete para formar uma amostra composta representativa.

As coletas foram realizadas nos mesmos piquetes onde foram coletados a forragem para a estimativa da massa de forragem, e os valores da composição químico-bromatológica do capim-tanzânia estão apresentados na Tabela 1.

As determinações de matéria seca (MS) e extrato etéreo (EE) foram realizadas conforme técnicas descritas pela AOAC (1995) segundo protocolos: MS 934,01 e EE 954,02. A determinação do teor de PB foi determinada pelo método Kjeldahl (AOAC, 1990), multiplicando-se o teor de nitrogênio por 6,25. Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram determinados conforme proposto por Van Soest & Robertson (1985). A energia bruta (EB) foi obtida por meio da queima total da amostra em bomba calorimétrica adiabática PARR 6510.

Tabela 1. Média da composição químico-bromatológica do extrato pastejável do capim-tanzânia, dos três piquetes ocupados para a coleta do ar expirado/eructado para mensuração do metano ruminal das cabras.

Componentes	Piquete 1	Piquete 2	Piquete 3
PB (%)	13,0	7,13	12,3
FDN (%)	66,3	68,3	70,9
FDA (%)	35,8	38,6	37,0
EE (%)	1,3	1,3	0,7
EB (MJ/kg de MS)	16,47	15,86	16,45
Cinzas (%)	8,8	9,7	8,6

PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; EE: extrato etéreo; EB: energia bruta; MS: matéria seca.

2.6. Animais experimentais e tratamentos

Foram utilizadas 12 cabras fêmeas adultas da raça Anglo Nubiano, com peso médio de 56,04 kg não prenhas, aguardando para entrar em período reprodutivo. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados com dois tratamentos e 6 repetições. Os animais passaram por período de adaptação para os critérios de entrada e saída dos piquetes antes do início do período experimental, e permaneciam nos piquetes por 11 horas durante o período diurno com acesso a água e no período noturno eram levados ao galpão, onde tinha acesso *ad libitum* a água e sal mineral. Não foi fornecido outro tipo de alimentação no período noturno para garantir que a emissão de metano correspondesse apenas produção gerada pelo consumo da forrageira.

Os dois tratamentos considerados foram o tratamento controle (ST), e com adição de tanino condensado (CT). O produto utilizado como fonte de tanino foi o extrato de quebracho (*Schinopsis quebracho-colorado*), que segundo o fabricante é recomendado para bovinos e fornecido na dosagem de 10 g de extrato de quebracho, para cada 100 kg de peso corporal animal. O produto comercial contém como nível de garantia 70% (± 2) de tanino condensado. Esta recomendação foi transformada inicialmente para 31,6 g de produto para cada 100 kg de peso metabólico (peso corporal^{0,75}) ou 0,31 g para cada kg de peso metabólico, para posterior cálculo da dosagem para as cabras experimentais.

A dosagem de tanino condensado foi fornecido para as cabras experimentais em relação ao peso metabólico (peso corporal^{0,75}) individual. O fornecimento do extrato de quebracho de agora em diante denominado apenas “tanino” foi fornecido para cada animal individualmente, uma vez ao dia quando os animais eram recolhidos no aprisco às 18 h. O tanino foi fornecido durante 91 dias consecutivos.

Pelo fato do tanino ser uma substância adstringente, ele foi fornecido juntamente com 80g de ração a base de milho, soja e sal mineral, utilizado com o intuito de servir como veículo. A mesma quantidade e ração, também foram fornecidas para os animais controle.

2.7.Mensuração de metano ruminal

Foram feitos três períodos de coletas do metano com intervalos de 30 dias entre elas, a primeira no mês de março, a segunda em abril e a terceira no mês de maio. A técnica utilizada para a mensuração de metano foi a do gás traçador hexafluoreto de enxofre (SF_6) descrita por Jonhson et al. (1994) e conforme adaptação para o Brasil segundo Primavesi et al. (2004).

As cápsulas de latão com o gás traçador eram constituídas de uma pastilha porosa de metal (porous stainless-steel frit) para suportar a pressão interna, uma membrana de TeflonTM para controlar a emissão do gás traçador e uma arruela (LASSEY et al., 2001). As arruelas foram confeccionadas a partir de bastão compacto de nylon 6.6. e a membrana de TeflonTM utilizada tinha 0,5 mm de espessura.

Foi considerada faixa de emissão entre 500 a 1000 ng/min, como critério de escolhas das cápsulas, conforme Capítulo 2 e, as que permaneceram com emissão constante dentro dessa faixa, foram utilizadas no experimento e introduzidas no rúmen dos animais, por meio de sonda esofágica 10 dias antes do início das coletas.

Os recipientes coletores dos gases expirado/eructado para análise de metano foram confeccionados e utilizados conforme descrito no Capítulo 2. Todos os testes de pressão e vácuo foram feitos de acordo com a metodologia de mensuração de emissão de metano para bovinos adaptadas para o Brasil, (PRIMAVESI, et al., 2004).

As amostras de gás expirado/eructado pelo animal, foram coletados por 5 dias consecutivos, iniciando no primeiro dia de ocupação do piquete. Os cilindros coletores foram trocados diariamente as 7h00 antes das cabras retornassem aos piquetes de pastejo. Foram também utilizados mais dois cilindros por dia denominado branco para determinação das concentrações de CH_4 e SF_6 do ar ambiental. Estes cilindros ficavam fixados ao lado do piquete, com altura próxima a 1 metro do chão e, estes cilindros acompanhavam os animais quando estes eram presos no período noturno.

2.7.1. Análise de metano e SF₆

As medidas das concentrações de SF₆ e metano foram realizadas por meio da técnica de cromatografia gasosa. Para isso os cilindros foram pressurizados com N₂ até atingirem uma pressão positiva e registrado o valor exato, e conectados diretamente no cromatógrafo para as leituras dos gases. O cromatógrafo a gás é equipado com dois injetores conectados a dois loops de aço inox com capacidades de 0,5 mL, acoplados a duas válvulas de seis vias com controle pneumático, detectores de ionização de chama (FID) do metano e de captura de elétrons (μ -ECD) para SF₆, e com duas colunas megabore Plot HP-Al/M (no metano) e HP-MolSiv (para SF₆). A partir da taxa conhecida de liberação do traçador no rúmen, das concentrações de metano e do traçador nas amostras de gás capturado do ar expirado/eructado pelo animal e das amostras dos cilindros considerado branco, o fluxo de metano liberado pelo animal é calculado em relação ao fluxo de SF₆ medido, segundo Westberg et al. (1998).

2.8. Estimativa de consumo

As 12 cabras utilizadas para mensuração de metano foram utilizadas para a estimativa de consumo. Foram utilizados dois indicadores, um para estimativa da produção fecal e outro para a estimativa do consumo de pasto.

A estimativa da produção fecal foi realizada utilizando como indicador externo a LIPE® - lignina purificada extraída do *Eucalyptus grandis*, que é um hidroxifenil propano modificado e enriquecido. As cápsulas de LIPE® com 250 mg do produto, foram fornecidas diariamente por 10 dias consecutivos, sendo 4 dias de adaptação e 6 dias de coleta (dois piquetes), feitas logo após a coleta de metano. As amostras de fezes foram coletadas diariamente por indivíduo, secas em estufa a 55⁰C e enviadas à Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) para estimar a produção de matéria seca fecal a partir de dois métodos de leitura conforme descrito por Saliba e Araujo (2005).

O consumo de forragem foi estimado com base na produção fecal, e na determinação de FDNi das fezes e do extrato pastejável. A determinação do

FDNi foi realizada após incubação *in situ* do material por 288 horas (DETMANN et al. (2012), e posterior extração com detergente neutro conforme descrito por Mertens (2002) cuja análise foi realizada nas amostras de fezes e de forragem.

2.9. Período de adaptação, fornecimento de tanino e coleta de metano

O fornecimento do tanino, o período de adaptação e coletas de metano obedeceu ao seguinte esquema:

Dia 1 a dia 15- período de adaptação:

No dia “1” iniciou-se o fornecimento do tanino (tanino + ração) e da ração para os animais controle, estes foram fornecidos diariamente em cochos individuais localizados dentro do galpão, as 18h00 quando os animais deixavam os piquetes. O fornecimento do tanino e da ração foi realizado ininterruptamente durante todo o período experimental que durou 91 dias.

No dia “5” foi introduzida no rúmen dos animais, via sonda esofágica, uma cápsula de permeação em cada animal experimental. No dia “10”, iniciou-se o período de adaptação dos animais aos aparatos de coleta de metano. Os dias compreendidos entre os dias “5” e “15” foram considerados como período de adaptação aos aparatos necessários para coleta de metano pela técnica do gás traçador.

Dia 16 a dia 21 - período de coleta do metano

No dia 16, primeiro dia de ocupação do piquete, deu-se início as coletas de ar expirado/eructado pelo animal para análise de metano. Os cilindros foram colocados as 7h00 e em seguida os animais eram conduzidos ao piquete. As 18h00 os animais voltavam ao galpão e era fornecido o tanino (tanino + ração) e ração para os animais controle. As 7h00 do dia seguinte os cilindros eram trocados. Estes procedimentos foram feitos até que quinto e último cilindro foi retirado do animal, as 7h00 do dia 21. Após a retirada do cilindro e de todo o aparato para coleta do ar expirado/eructado, os animais entravam em novo piquete.

Este procedimento também ocorreu para a segunda e terceira coleta do metano ocorridas nos dias 46 a 51 e 76 a 81, respectivamente.

Dia 21 a dia 45 - período para estimativa de consumo e intervalo entre coletas

Neste intervalo os animais eram conduzidos diariamente ao piquete satisfazendo aos cinco dias de ocupação por piquete no sistema de pastejo intermitente. O tanino e a ração eram fornecidos como descritos anteriormente.

Do dia 21 ao dia 29, foi fornecido pela manhã, a LIPE, para estimativa de consumo. As coletas de fezes ocorreram do dia 26 ao dia 30. Este procedimento também foi realizado nos dias 51 a 61 e 81 a 91, após a segunda e terceira coleta de metano respectivamente.

No dia 43 os aparatos de coleta de ar expirado/eructado eram colocados nos animais para ser realizado a segunda coleta de metano. O mesmo ocorreu no dia 73 para a terceira e última coleta de metano.

Dia 91 último dia de coleta de fezes e encerramento do período experimental.

2.10. Análise estatística

As variáveis relacionadas à emissão de metano foram analisadas segundo delineamento inteiramente casualizado, com dois tratamentos (com e sem adição de tanino), em esquema de parcelas subdivididas no tempo com dois fatores longitudinais (6 dias e 3 períodos), com 6 repetições (animais). Foi analisada a pressuposição de normalidade dos erros e realizado o teste de esfericidade da matriz de variâncias e covariâncias entre os níveis dos fatores longitudinais (dia e período). Quando rejeitada a hipótese de esfericidade da matriz estimou-se a estrutura de covariância que melhor se ajustou aos dados. Nas comparações das médias entre os tratamentos com e sem adição de tanino utilizou-se o teste F ($\alpha=5\%$), e para as comparações entre dias e ciclo de pastejo foi realizado contrastes ortogonais polinomiais.

Todas as análises foram realizadas utilizando o pacote estatístico SAS (versão 9.2, SAS Institute, Cary, NC, EUA).

3. Resultados

No estudo dos feitos principais, tratamento, período e dias, foi observado efeito do tratamento ($p < 0,05$) apenas nas variáveis consumo e emissão de metano por peso metabólico (peso corporal^{0,75}), não sendo observado nas demais variáveis. Para o período, foi observado efeito ($p < 0,05$) nas variáveis consumo, emissão de metano por kg de matéria seca ingerida e porcentagem da energia bruta ingerida, perdida na forma de metano. Foi observado efeito do dia ($p < 0,05$) em todas as variáveis estudadas. Foi utilizado o teste F para o estudo do efeito principal, e não foi encontrado qualquer tipo de interação entre as variáveis estudadas.

Os dados médios de emissão de metano por animal ($p = 0,25$), por matéria seca ingerida ($p = 0,91$) e porcentagem de energia bruta perdida na forma de metano (0,92), na presença ou não de tanino, não denotam diferença significativa ($p > 0,05$), apenas as variáveis consumo ($p < 0,001$) e emissão de metano por peso metabólico ($p = 0,0021$) foram diferentes ($p < 0,05$) quando os tratamentos com e sem taninos foram comparados (Tabela 2).

Com relação aos períodos de estudo, as variáveis de emissão de metano por animal e por peso metabólico não demonstraram diferença significativa ($p > 0,05$), porém para as variáveis consumo, emissões de metano por matéria seca ingerida e porcentagem de energia perdida na forma de metano foram observadas efeito quadrático ($p < 0,05$), indicando influencia do período, que no caso da variável consumo houve redução no segundo período de coleta, e aumento nas demais variáveis no mesmo período (Tabela 3).

As médias das variáveis, emissão de metano por animal e por peso metabólico, apresentaram efeito linear decrescente ($p < 0,05$), com o aumento dos dias de ocupação do piquete (Tabela 4). Nas demais variáveis, foi encontrado efeito quadrático ($p < 0,05$), com menor média observada no dia 4 para a variável consumo e maiores valores no dia 2 para as variáveis emissão de metano por kg de matéria seca ingerida e porcentagem de energia perdida na forma de metano.

O peso vivo dos animais não foi diferenciado ($p > 0,05$) entre os tratamentos, sendo de $55,5 \pm 1,4$ kg e $55,9 \pm 1,4$ kg para os tratamentos sem e com adição de tanino, respectivamente. Nos três períodos, também não foi observado diferença ($p > 0,05$) entre os pesos dos animais sendo respectivamente para os períodos 1, 2 e 3 de $56,0 \pm 1,7$; $55,3 \pm 1,7$ e $55,7 \pm 1,8$ kg, indicando uma homogeneidade entre os

animais em cada tratamento, e que a forragem atendia as exigências de manutenção da categoria animal utilizada.

Tabela 2. Médias e desvio padrão de consumo, emissão média de metano por animal, por peso metabólico e matéria seca ingerida, e porcentagem de energia perdida na forma de metano, em cabras em pastos de capim-tanzânia em função dos tratamentos.

Variável	Tratamentos		Efeito	P ²
	ST	CT		
Consumo (g/dia)	562 ± 9,2	510 ± 8,7	*	<0,0001
CH ₄ /animal (g/animal)	21,88 ± 0,8	20,52 ± 0,8	ns	>0,05
CH ₄ /peso metabólico (g/peso corporal ^{0,75})	1,13 ± 0,04	0,96 ± 0,4	*	<0,05
CH ₄ /MS ingerida (g/kg)	43,07 ± 2,1	42,73 ± 2,0	ns	>0,05
Perda de energia bruta (%)	14,65 ± 0,7	14,54 ± 0,7	ns	>0,05

ST: tratamento sem tanino; CT: tratamento com tanino; CH₄: metano; MS: Matéria seca, ; ns: não significativo para Teste F (P<0,05). * significativo para Teste F (P<0,05); P²: probabilidade associada ao teste F.

Tabela 3. Médias e desvio padrão de consumo e emissão média de metano por animal, por peso metabólico e matéria seca ingerida, e perda de energia em cabras em pastos de capim-tanzânia nos três períodos de coleta de metano.

Variável	Período			Efeito	P ²
	1	2	3		
Consumo (g/dia)	632 ± 8,8	451 ± 9,1	525 ± 14,2	Q	<0,0001
CH ₄ /animal (g/animal)	20,66 ± 0,8	22,51 ± 1,0	20,42 ± 1,2	ns	>0,05
CH ₄ /peso metabólico (g/peso corporal ^{0,75})	1,03 ± 0,04	1,07 ± 0,04	1,04 ± 0,06	ns	>0,05
CH ₄ /MS ingerida (g/kg)	33,21 ± 1,4	52,09 ± 2,5	43,41 ± 3,4	Q	<0,0001
Perda de energia bruta (%)	11,12 ± 0,5	18,11 ± 0,8	14,56 ± 1,1	Q	<0,0001

CH₄: metano; MS: Matéria seca; p. metabólico: peso corporal^{0,75}; L: efeito linear considerando p<0,05; Q: efeito quadrático considerando p<0,05; P²: probabilidade associada ao teste F.

Tabela 4. Médias e desvio padrão de consumo, emissão média de metano por animal, por peso metabólico e matéria seca ingerida, e porcentagem de energia perdida na forma de metano em cabras em função dos dias de ocupação de pastos de capim-tanzânia.

Variável	Dias					Efeito	P ²
	1	2	3	4	5		
Consumo (g/dia)	601 ± 13,3	524 ± 13,7	505 ± 14,4	502 ± 13,7	547 ± 15,4	Q	<0,0001
CH ₄ /animal (g/animal)	25,23 ± 1,5	23,98 ± 1,5	22,15 ± 1,6	18,29 ± 0,9	16,36 ± 0,8	L	<0,0001
CH ₄ /p. metabólico (g/peso corporal ^{0,75})	1,18 ± 0,07	1,19 ± 0,07	1,13 ± 0,07	0,89 ± 0,05	0,83 ± 0,05	L	<0,0001
CH ₄ /MS ingerida (g/kg)	44,45 ± 3,2	49,40 ± 3,2	49,12 ± 3,3	39,49 ± 3,2	32,06 ± 3,6	Q	< 0,05
Perda de energia bruta (%)	15,12 ± 0,9	16,82 ± 1,2	16,69 ± 1,5	13,46 ± 0,9	10,91 ± 0,7	Q	< 0,05

CH₄: metano; MS: Matéria seca; p. metabólico: peso corporal^{0,75}; L: efeito linear considerando p<0,05; Q: efeito quadrático considerando p<0,05; P²: probabilidade associada ao teste F.

4. Discussão

Neste estudo pesquisou-se a influência da adição de tanino condensado na emissão de metano por caprinos sob pastejo intermitente e se o efeito perdura ao longo do tempo.

A inclusão do tanino condensado não diminuiu ($p>0,05$) a emissão de metano por animal, onde a emissão média diária de metano foi de 21,2 g/animal. No entanto, valor obtido foi próximo ao encontrado por Lassey et al. (2011) de 1,09 kg de CH_4 /dia em ovinos (média ajustada para kg de peso metabólico) alimentados com silagem de alfafa com melaço mas, abaixo da média encontrada por Pinares-Patiño et al. (2003) de 1,50 g de metano por kg de peso metabólico, em ovinos sob condições de pastejo com alta oferta de forragem (azevém e trevo). Os autores mensuraram a emissão de metano utilizando a mesma técnica do gás traçador.

O efeito do tanino na emissão de metano foi observado quando os valores foram comparados por peso metabólico, onde a adição do composto resultou em redução ($p>0,05$) de 15% na emissão do gás. Esta redução na quantidade de metano produzida com a adição do composto foi acompanhada também pela redução ($p<0,05$) no consumo.

O tanino possui a capacidade adstringente na boca do animal, esta reação ocorre no ato do consumo que é devido a formação de complexos tanino - glicoproteínas da boca (CABRAL FILHO, 2004). Esta adstringência acarreta em redução no consumo voluntário o que poderia explicar a queda de 8% no consumo ($p<0,05$) observada no presente experimento. A redução no consumo voluntário geralmente ocorre devido o fato de o tanino ser fornecido via forrageira rica no composto ou quando é fornecida misturada à dieta. Esta forma de ação possivelmente não ocorreu no presente trabalho, pois o tanino no presente estudo foi administrado em cochos individuais, logo após a chegada dos animais no galpão, e após o fornecimento do composto, não foi verificado sobras e pelo fato dos animais permanecerem durante o período noturno no galpão, onde a adstringência poderia não mais causar efeito na queda do consumo voluntário.

A presença do tanino no rúmen pode incidir nos microorganismos uma ação bacteriostática e/ou bactericida. Esta ação pode ser pela ligação do tanino com enzimas digestivas ou com a parede dos microorganismos (GUIMARÃES-BEELLEN

et al., 2006), como consequência pode ocorrer a morte dos microorganismos ou impedir que estas se fixem à fibra diminuindo a digestibilidade (VALADARES FILHO e PINA, 2011; GOEL e MAKKAR, 2012). O tanino também possui a capacidade de se ligar á proteínas e minerais, onde estas passam a comportar-se de forma “by-pass”, levando a uma menor disponibilidade desses componentes e de nitrogênio para os microorganismos, limitando seu crescimento.

Estas ações isoladas ou em conjunto diminuem a população e/ou a eficiência dos microorganismos na digestão da fibra (TAVENDALE et al., 2005), sendo a bactéria *Fibrobacter succinogenes*, responsável pela degradação da fibra, uma das mais afetadas, (NELSON et al., 1997). A diminuição da população ou da eficiência dos microorganismos acarreta em maior retenção do bolo alimentar no rúmen refletindo em decréscimo no consumo, esta redução no consumo possivelmente é a causa da redução de 8% no consumo encontrada no presente estudo (Tabela 2).

Outro efeito do tanino que está intimamente relacionada a produção de metano é o efeito deletério sobre os microorganismos metanogênicos. Este efeito faz com que haja uma diminuição da produção de metano por unidade de matéria seca ingerida (ANIMUT et al., 2008; WAGHORN et al., 2002). Esse fato não ocorreu no presente trabalho, onde a presença do tanino não alterou a emissão de metano por matéria seca ingerida (Tabela 2).

Resultados semelhantes foram verificados por Beauchemin et al. (2007), onde não encontraram diferença na emissão de metano por dia, por matéria seca ingerida ou em relação a ingestão de matéria seca, em vacas leiteiras alimentadas com 70% de volumoso na dieta e inclusão de níveis de extrato de quebracho (fonte de tanino) corroborando com o presente estudo. A ineficácia do uso do tanino na redução da emissão de metano apontada pelos autores supracitados pode ser decorrente da quantidade de tanino fornecida, que está abaixo do limiar requerido para redução do gás. A concentração utilizada pelos referidos autores foi de até 2% de extrato de quebracho na matéria seca (1,8% de tanino), valor este acima do fornecido para as cabras experimentais do presente trabalho, que foi de 1,2% de extrato de quebracho ou 0,8% de tanino condensado em relação a matéria seca.

Resultados divergentes a esta pesquisa foram encontrados por Waghorn et al. (2002) e Puchala et al. (2005). Waghorn et al. (2002) verificaram redução

de 16% na emissão de metano por matéria seca ingerida, nos cordeiros alimentados com lótus (*Lotus pedunculatus*) com e sem a adição de PEG, produto utilizado para neutralizar o efeito do tanino, e apontam que a redução da emissão do gás está associada a redução da metanogênese.

Em estudo com cabras da raça Angorá Puchala et al. (2005) forneceram tanino via forragem fresca (*Lospedeza cuneata*) e compararam a emissão de metano por animais alimentados com uma mistura de forragem (*Digitária ischaemum* e *Festuca arundinacea*) sem o composto. Os autores observaram redução na emissão de metano de 10,6 para 7,4 g/dia e de 16,2 para 6,9 g/Kg de matéria seca ingerida com o fornecimento da forragem com tanino. Estes resultados são abaixo dos encontrados no presente trabalho onde a média de emissão de metano foi de 16,9 g/dia e 34,3 g/kg de matéria seca ingerida, com dados transformados para um animal de mesmo peso. Vale salientar que no referido trabalho o valor médio da proteína bruta foi de 11,7% PB e FDN de 48%, diferente do presente trabalho que a média foi de 11% de PB e 69% de FDN.

Esta redução na emissão de metano quando se utiliza fontes de tanino via forragem e utiliza-se outro tipo de forragem sem o composto para comparação, pode decorrer em resultados de difícil interpretação, pois a redução pode ser atribuída à presença do tanino ou pela diferença na composição química da forragem (BEAUCHEMIN et al., 2007).

Pelo exposto a diminuição da produção do metano, observada no presente estudo, está possivelmente relacionada a queda no consumo decorrente da diminuição da digestibilidade da fibra. Esta queda na digestibilidade é ocasionada pela morte ou queda na população microbiana, que segundo Nelson et al. (1997), as mais afetadas pela presença do tanino são as fibrolíticas. A mesma observação foi feita por Bodas et al. (2012) onde relatam, em revisão, que vários trabalhos onde são demonstrados o possível potencial dos compostos secundários na redução da emissão de metano, estão relacionadas a diminuição do substrato fermentável e da digestibilidade em vez do efeito direto sobre as metanogênicas.

Como o trabalho foi realizado com animais adultos onde não havia nenhuma exigência de produção, apenas a manutenção, não se verificou diferença ($p>0,05$) no peso dos animais entre os tratamentos ao longo do

período experimental, mesmo com a diminuição ($p<0,05$) do consumo no tratamento com uso do tanino. Esta semelhança pode ter ocorrido devido a categoria animal e o estado fisiológico em que os animais se encontravam, não sendo o de crescimento e/ou engorda, categoria esta mais utilizada para tal avaliação.

Pelo fato de não ter ocorrido diferença entre os tratamentos (Tabela 2), não foi possível verificar se o efeito do tanino perdura ao longo do tempo, ou se haveria adaptação das bactérias ruminais à presença de tanino, fazendo com que as emissões se igualassem com o tempo, pois segundo BODAS et al. (2012), em revisão, relatam que algumas bactérias podem modificar ou degradar o tanino ou mesmo desenvolver mecanismos de tolerância como a secreção de “exo-polissacarídeo” para proteção de seu envoltório celular ou mesmo inativando a alta afinidade do tanino com sua membrana ou mesmo modificando sua própria membrana celular e não mais serem afetadas pela presença do composto.

O comportamento quadrático observado com queda no segundo período para a variável consumo e aumento no mesmo período para as variáveis: produção de metano por ingestão de matéria seca consumida e porcentagem de energia do alimento perdida na forma de metano, ocorreu devido a variação na qualidade bromatológica da forragem dos piquetes. O piquete ocupado pelos animais experimentais no segundo período apresentou menor valor de PB e valores semelhantes de FDN (Tabela 1) em relação aos demais piquetes. Valores menores de proteína podem acarretar em menor síntese de proteína microbiana e de multiplicação celular, podendo levar a um comprometimento no desempenho animal, pela queda no aporte de proteína microbiana, e pela redução na fermentação ruminal, com efeitos negativos no consumo da forragem (SANTOS e PEDROSO, 2011), fato observado no presente estudo, que justifica a redução do consumo no referido período.

Queda de 17% no consumo sem alteração da emissão de metano foi observada no Capítulo 3, contrário ao observado no presente experimento, onde a queda do consumo no segundo período de 28% e 14% em relação ao primeiro e segundo período respectivamente incidiu em comportamento quadrático crescente no período dois, nas variáveis emissão de metano por peso metabólico e por ingestão de matéria seca ingerida. Este comportamento

indica que a qualidade do alimento ingerido, neste caso a forragem, pode ser apontada como a variável mais provável que causou a diferença na emissão do metano. Esta pressuposição se assemelha aos resultados obtidos por Waghorn et al. (2002), onde comparou diferentes fontes alimentares em cordeiros e encontraram variações na emissão de metano de 11,5 a 25,7 g CH₄/Kg de MSI, esta variação foi atribuída a diferenças na composição química das fontes testadas.

Neste sentido, diferenças na digestibilidade (ALUWONG, et al., 2011), bem como diferenças entre gramíneas C3 e C4 (ARCHIMÈDE et al 2011) são fatores importantes a serem considerados.

Devido o fato do sistema de manejo adotado ser o de pastejo intermitente com 5 dias de ocupação, possibilitou a mensuração da emissão de metano por dia de ocupação, onde foi observado uma queda do último dia de ocupação em relação ao primeiro de 35% na emissão de metano por animal e de 30% em relação ao peso metabólico. Esta emissão decrescente acompanha a redução da oferta de forragem, onde a menor oferta e menor emissão do gás ocorrem no último dia de ocupação dos piquetes pelos animais.

Se considerarmos o fato de que grandes variações de consumo refletem na quantidade de metano produzida, onde maiores consumos acarreta em maiores quantidade do gás emitido quando comparado com menor consumo, era então esperado um comportamento análogo entre consumo e produção de metano em relação à matéria seca ingerida. Contudo comportamento quadrático e inverso foi observado, com um aumento no segundo dia para as variáveis relacionadas a emissão de metano. Este aumento ocorreu um dia após (segundo dia) a entrada dos animais no piquete, onde existe uma maior oferta de forragem e onde ocorreu maior consumo (601g). O que possivelmente ocorreu, e que explicaria este desencontro de um dia entre as variáveis consumo e as relacionadas ao metano, é o efeito residual da fermentação do alimento e consumo do dia anterior, que está relacionado a taxa de passagem do alimento, e da quantidade consumida.

É provável que a emissão de metano por caprinos em pastagens de forrageiras tropicais pudesse ser diferente entre os tratamentos com e sem a utilização de tanino condensado, caso as quantidades do composto fossem dadas em maiores doses. Com isso seria possível verificar o efeito da adição

do tanino com o uso prolongado. Entretanto a concentração utilizada foi com base na dosagem recomendada para bovino, por não possuir, segundo o fabricante, recomendação para caprinos. Todavia estudos futuros com dosagens diferenciadas de tanino poderão ser realizados com o intuito de reduzir a produção de metano sem, contudo prejudicar a produtividade animal.

5. Conclusão

A inclusão do tanino condensado na dosagem de 0,31g de extrato de quebracho para cada kg de peso metabólico, não afetou a emissão de metano, porém reduziu o consumo de matéria seca por cabras da raça Anglo Nubiano.

6. Referências bibliográficas

ALUWONG, T.; WUYEP, P. A.; ALLAM, L. Livestock-environment interactions: Methane emissions from ruminants. **African Journal of Biotechnology**, Victoria Island, v. 10, n. 8, p. 1265-1269, 2011. Disponível em: <<http://www.academicjournals.org/AJB>>.

ANIMUT, G.; PUCHALA, R.; GOETSCH, A. L.; PATRA, A. K.; SAHLU, T.; VAREL, V. H.; WELLS, J. Methane emission by goats consuming diets with different levels of condensed tannins from lespedeza. **Animal Feed Science and Technology**. v. 144, p. 212–227, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.10.014>>.

ARCHIMÈDE, H.; EUGÈNE, M.; MARIE MAGDELEINE, C.; BOVAL, M.; MARTIN, C.; MORGAVI, D. P.; LECOMTE, P.; DOREAU, M. Comparison of methane production between C3 and C4 grasses and legumes. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v. 166– 167, p. 59– 64. 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.04.003>>.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official Methods of Analysis of the Association of the Analytical Chemists**. 15 th ed. Whashington, 1990.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official Methods of Analysis of the Association of the Analytical Chemists**. 16 th ed. Whashington, 1995.

BEAUCHEMIN, K. A.; KREUZER, M.; O'MARA, F.; MCALLISTER. A.T. Nutritional management for enteric methane abatement: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v. 48, n. 2, p. 21–27, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1071/EA07199>>.

BEAUCHEMIN, K. A.; MCGINN, S. M.; MARTINEZ, T. F.; MCALLISTER, T. A. Use of condensed tannin extract from quebracho trees to reduce methane emissions from cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 85:1990-1996, 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2527/jas.2006-686>>

BODAS, R.; PRIETO, N.; GARCÍA-GONZÁLEZ, R.; ANDRÉS, S.; GIRÁLDEZ, F. J.; LÓPEZ, S. Manipulation of rumen fermentation and methane production with plant secondary metabolites. **Animal Feed Science and Technology**. Amsterdam, v. 176, p. 78– 93, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.07.010>>.

BROOKER, J. D.; O'DONOVAN, L. A.; SKENE, I.; CLARKE, K.; BLACKALL, L.; MUSLERA, P. *Streptococcus caprinus* sp.nov., a tannin-resistant ruminal bacterium from feral goats. **Letters in Applied Microbiology**. v.18, n. 6, p. 313-318, 1994.

CABRAL FILHO, S. L. S. **Efeito do teor de tanino do sorgo sobre a fermentação ruminal e parâmetros nutricionais de ovinos**. Tese (Doutorado em Ciências) - Centro de energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

DETMANN, E.; VALENTE, T. N. P.; SAMPAIO, C. B. Avaliação da fibra em detergente neutro indigestível e da fibra em detergente ácido indigestível. In.: **Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia – INCT, Métodos para Análise de Alimentos**, Viçosa:UFV, 2012, cap. 10, 214 p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, EMBRAPA, 2006. 306p.

GOEL, G.; MAKKAR, H. P. S. Methane mitigation from ruminants using tannins and saponins. **Tropical Animal Health and Production**. v. 44, p. 729–739, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11250-011-9966-2>>.

GUIMARÃES-BEELLEN, P. M.; BERCHIELLI, T. T.; BUDDINGTON, R.; BEELLEN, R. Efeito dos taninos condensados de forrageiras nativas do semi-árido nordestino sobre o crescimento e atividade celulolítica de *Ruminococcus flavefaciens* FD1. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 58, n. 5, p. 910-917, 2006.

JOHNSON, K. A; JOHNSON, D. E. Methane emissions from cattle. **Journal of Animal Science**. Champaign, v. 73, n. 8, p. 2483-2492, 1995. Disponível em: <<http://jas.fass.org/content/73/8/2483>>.

JOHNSON, K. A; HUYLER, M. T.; WESTBERG, H. H.; LAMB, B. K.; ZIMMERMAN, P. Measurements of methane emissions from ruminant livestock a SF₆ tracer technique. **Environmental Science and Technology** v. 28, p. 359-362, 1994. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1021/es00051a025>>.

LASSEY, K. R.; PINARES-PATIÑO, C. S; MARTINA, R. J.; MOLANOB, G.; MCMILLANA, A. M. S. Enteric methane emission rates determined by the SF₆ tracer technique: temporal patterns and averaging periods. **Animal Feed Science and Technology**. Amsterdam, v. 166, p. 183– 191; 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.04.066>>.

LASSEY, K. R.; WALKER, C. F.; MCMILLAN, A. M. S.; ULYATT, M. J. On the performance of SF₆ permeation tubes in determining methane emission from grazing livestock. **Chemosphere** – global change science, Oxford, v. 3, n. 4, p. 367-376, 2001. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S1465-9972\(01\)00017-4](http://dx.doi.org/10.1016/S1465-9972(01)00017-4)>.

MERTENS, D. R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fibre in feeds with refluxing beakers or crucibles: collaborative study. **Journal AOAC International**, Gaithersburg, v.85, n. 6, p.1217-1240, 2002.

NELSON, K. E.; PELL, A. N.; DOANE, P. H.; GINER-CHAVEZ, B. I.; SCHOFIELD, P. Chemical and biological assays to evaluate bacterial inhibition by tannins. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 23, n. 4, p. 1175-1194, 1997.

PINARES-PATIÑO, C. S.; ULYATT, M. J.; LASSEY, K. R.; BARRY, T. N.; HOLMES, C. W. Persistence of differences between sheep in methane emission under generous grazing conditions. **Journal of Agricultural Science**. Cambridge, v. 140, p. 227–233; 2003. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1017/S0021859603003071>>.

PRIMAVESI, O.; FRIGHETTO, R. T. S.; PEDREIRA, M. S.; LIMA, M. A.; BERCHIELLI, T. T.; MEMARCHI, J. J. A. A.; MANELLA, M. Q.; BARBOSA, P. F.; JOHNSON, K. A.; WESTBERG, H. H. **Técnica do gás traçador SF₆ para medição de campo do metano ruminal em bovinos: adaptações para o Brasil**. (Documento 39) São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2004.77p.

PUCHALA, R.; ANIMUT, G.; PATRA, A. K.; DETWEILER, G. D.; WELLS, J. E.; VAREL, V. H.; SAHLU, T.; GOETSCH, A. L. Methane emissions by goats consuming *Sericea lespedeza* at different feeding frequencies. **Animal Feed Science and Technology**. Amsterdam, v. 175, p. 76– 84, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.03.015>>.

PUCHALA, R.; MIN, B.R.; GOETSCH, A.L.; SAHLU, T. The effect of a condensed tannin-containing forage on methane emission by goats. **Journal Animal Science**. Champaign, v. 83, n. 1, p. 182–186, 2005. Disponível em: <http://jas.fass.org/content/83/1/182>.

SALIBA, E. O. S.; ARAÚJO, V. L. **Teleconferencia sobre o uso de indicadores em nutrição animal**. UFMG, 2005, 45p.

SANTOS, F. A. P.; PEDROSO, A. M. Metabolismo de proteína. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Ed). **Nutrição de Ruminantes**. 2. Ed. Jaboticabal: FUNEP, 2011, p. 265-298.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT user's guide**: version 8. Cary, 1999. 1028p.

TAVENDALE, M. T.; MEAGHER, L. P.; PACHECO, D.; WALKER, N.; ATTWOOD, G. T.; SIVAKUMARAN, S. Methane production from in vitro rumen incubations with *Lotus pedunculatus* and *Medicago sativa*, and effects of extractable condensed tannin fractions on methanogenesis. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 123–124, part 1, p. 403–419, 2005. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.04.037>>

VALADARES FILHO, S. C.; PINA, D. S. Fermentação ruminal. In: BERCHIELLI, T.T; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Ed.). **Nutrição de ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2011. p. 291-322.

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

WAGHORN, C. G.; TAVENDALE, M. T.; WOODFIELD, D. R. Methanogenesis from forages fed to sheep. **Proceedings of the New Zealand Grassland Association**, Dunedin, v. 64, p. 167–171, 2002.

WESTBERG, H.H.; JOHNSON, K.A.; Cossalman, M.W.; Michal, J.J. 1998. A SF6 Tracer Technique: Methane Measurement from Ruminants. In: **USEPA-Evaluating Ruminant Livestock Efficiency Projects and Programs**, 2000, Washington, D.C., U.S.A.

*“Tudo é uma questão de manter,
a mente quieta, a espinha ereta,
e o coração tranquilo.”*

Obrigada meu Deus, por mais uma etapa concluída!